



HAL
open science

La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept

Irina Ioana Voda

► **To cite this version:**

Irina Ioana Voda. La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept. Architecture, aménagement de l'espace. Université Grenoble Alpes; Universitatea tehnică (Cluj-Napoca, Roumanie), 2015. Français. NNT : 2015GREAH018 . tel-01440492

HAL Id: tel-01440492

<https://theses.hal.science/tel-01440492>

Submitted on 19 Jan 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE

Pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ GRENOBLE ALPES

**Préparée dans le cadre d'une cotutelle entre l'Université
Grenoble Alpes et l'Université Technique de Cluj-Napoca**

Spécialité : **Architecture**

Arrêté ministériel : le 6 janvier 2005 - 7 août 2006

Présentée par

Irina Ioana VODA

Thèse dirigée par **Anne COSTE** et **Adriana MATEI**

préparée au sein du **Laboratoire Cultures Constructives –
AE&CC / ENSAG** et la **Faculté d'Architecture et Urbanisme de
Cluj-Napoca**

dans les **Écoles Doctorales : 454 Science de l'Homme du
Politique et du Territoire** et l'**Université Technique de
Cluj-Napoca**

La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept

Thèse soutenue publiquement le **11 décembre 2015**,

devant le jury composé de :

Mme. Anne COSTE

Professeur HDR, École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble
Directeur de thèse

Mme. Adriana MATEI

Professeur Docteur, Faculté d'Architecture et Urbanisme, Université
Technique de Cluj-Napoca

Directeur de thèse

M. Laurent BARIDON

Professeur HDR, Université Lumière Lyon 2

Rapporteur et Président du jury

M. Augustin IOAN

Professeur Docteur, Université d'Architecture et Urbanisme « Ion Mincu »,
Bucarest

Rapporteur

M. Vinicius RADUCANU

Maître-Assistant Docteur, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de
Montpellier

Examineur



Unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives
Laboratoire Cultures Constructives
École Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble
60 avenue de Constantine
CS 12636
38036 Grenoble cedex 2, France

Facultatea de Arhitectura si Urbanism
Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca
Str. Memorandumului nr. 28
400114 Cluj-Napoca,
Cluj, Romania

Remerciements

J'exprime mes profonds remerciements à mes deux directrices de thèse, les professeurs Anne Coste et Adriana Matei. Je remercie madame le professeur Anne Coste, qui m'a accueillie au sein du Laboratoire Cultures Constructives de l'unité de recherche Architecture, Environnement et Cultures Constructives (AE&CC) et m'a fait confiance. Gratitude immense pour ses conseils, sa disponibilité, sa patience et pour les multiples lectures et relectures de mon travail. Je remercie également madame le professeur Adriana Matei, qui a suivi patiemment mon parcours et encadré mon travail depuis plusieurs années. Gratitude immense pour l'aide avisée qu'elle m'a apportée et pour ses encouragements.

La réalisation de ce travail s'appuie également sur un environnement qui est essentiel. A ce titre, je voudrais remercier le LABEX AE&CC pour le soutien financier qu'il a apporté à cette recherche.

Mes plus profonds remerciements vont à mes parents, Ioana et Radu-Lucian Voda, pour leur amour et leur soutien permanent. La réalisation de cette thèse constitue le fruit de leurs encouragements et de leur optimisme. Ils ont toute ma reconnaissance et ma gratitude.

Grenoble, 2015

Résumé

La « fluidité architecturale » est un oxymore, délibérément choisi, pour mettre l'accent sur les valences de fluidité par rapport aux caractéristiques intrinsèques de l'architecture : comparée aux autres domaines artistiques (littérature, arts plastiques, danse, théâtre, cinéma, photographie, etc.), l'architecture n'est pas seulement pensée, interprétée ou illustrée, mais elle est également construite, habitée et solide. Puisque la fluidité architecturale est une métaphore et la notion de fluidité est abstraite par rapport à l'architecture, ce terme est relié, par une analogie à la mécanique des fluides, aux processus plus concrets qui peuvent être retrouvés en physique. En admettant que l'association des termes « fluide-solide » peut être confuse, la première partie de cette thèse est consacrée à définir la « fluidité » et à identifier ses racines dans l'histoire de l'architecture. La deuxième partie se concentre sur l'analyse « fluidique » d'une série de vingt projets contemporains. Cette analyse, fondée sur les discours architecturaux des concepteurs, détermine le degré de fluidité présente dans la production architecturale contemporaine et établit de nouvelles correspondances entre les différents projets.

Cette thèse constitue à la fois un travail sur un concept théorique (par l'analogie avec la mécanique des fluides) et sur une manière de représenter la pensée du projet (par l'analyse fluidique).

Titre : La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept.

Mots clés : histoire de l'architecture, théorie de l'architecture, discours architectural, fluidité figée, fluidité mouvante, analyse fluidique.

Abstract

"Architectural fluidity" is an oxymoron, chosen deliberately in order to emphasize the fluidity expressions related to the intrinsic characteristics of architecture: compared to other arts (literature, visual arts, dance, theater, cinema, photography etc.), architecture is not only thought, interpreted or illustrated, but also is built, inhabited and solid. Considering architectural fluidity as a metaphor and the idea of fluidity as an abstract architectural concept, this term is associated by analogy to fluid mechanics to processes with accurate explanations found in physics. Assuming that the association of the two terms "fluid-solid" can be confusing, the first part of this thesis concerns with the definition of "fluidity" and the identification of its origins in the history of architecture. The second part focuses on the "fluidic" analysis through twenty contemporary projects. This analysis, which is based on the architectural dissertation of designers, determines the degree of fluidity in contemporary architectural production and establishes new connections between different projects.

This thesis focuses on both theoretical concepts (by analogy to fluid mechanics) and developing a method to represent the conceptual process of the project (the fluidic analysis).

Title: Architectural fluidity: history and topicality of the concept.

Keywords: history of architecture, theory of architecture, architectural discourse, frozen fluidity, motioned fluidity

SOMMAIRE

INTRODUCTION	15
--------------	----

LA PREMIERE PARTIE - Le cadre théorique du concept de « fluidité »

1. Fluide et fluidité : définition et métamorphose	25
1.1. Définition et compréhension	25
1.1.a) Dans le domaine scientifique	27
1.1.b) Dans les domaines artistiques	32
<i>Peinture et dessin</i>	32
<i>Chorégraphie et scénographie</i>	37
<i>Cinéma</i>	40
1.1.c) En architecture	45
1.2. La métamorphose de la fluidité	48
1.2.a) La fluidité figée et la fluidité mouvante	55
1.2.b) L'évolution des concepts architecturaux	58
2. Chaos, fractales et catastrophes comme expressions architecturales fluides	63
2.1. Le Chaos : entre philosophie et science	64
2.1.a) Le Chaos originel : désordre et <i>clinamen</i>	64
2.1.b) Le chaos scientifique : irrégularité aléatoire	65
2.1.c) Les géométries du chaos	67
<i>Les attracteurs étranges</i>	67

<i>Les fractales</i>	69
<i>Le pli – la première « catastrophe » élémentaire</i>	71
2.2. Le Chaos et la fluidité en architecture.....	72
2.2.a) L'évolution du rapport entre chaos et l'architecture	73
2.2.b) L'architecture inspirée du chaos et l'architecture qui engendre le chaos	76
3. L'architecture organique : une évolution vers la morphogenèse architecturale	81
3.1. La compréhension polysémantique de l'organique	83
3.1.a) L'organique comme RELATION : forme et fonction.....	84
3.1.b) L'organique comme PROCESSUS : résultat plutôt que forme a priori.....	86
3.1.c) L'organique comme ANALOGIE du monde vivant.....	89
3.1.d) L'organique comme l'ANTIPODE de l'inorganique	90
3.2. L'organique et la fluidité : expressions architecturales à travers l'histoire	92
3.2.a) Le rapport entre la fluidité, l'organique et le rationnel	92
3.2.b) La fluidité : l'organique et les fractales des cathédrales gothiques	95
<i>L'organique gothique</i>	96
<i>Les fractales gothiques</i>	98
3.2.c) La fluidité : l'organique, le pli et l'élasticité baroque.....	100
<i>L'organique baroque</i>	101
<i>Le pli et l'élasticité baroque</i>	103
<i>Borromini et Guarini</i>	105
3.2.d) La fluidité : l'organique et l'inspiration de la nature	108
<i>L'Art Nouveau et les lignes en « coup de fouet »</i>	108
<i>L'Expressionnisme entre organique et cristallin</i>	112
<i>Frei Otto : organique et bionique</i>	114
3.3. L'organique et la fluidité : expressions architecturales contemporaines	116
3.3.a) Les moyens de la recréation numérique du monde vivant	118
3.3.b) La matérialisation de la morphogénèse dans l'architecture	
contemporaine	122
<i>La variation formelle :</i>	
<i>une interdépendance de la matière et de l'environnement</i>	122
<i>La résultante formelle :</i>	
<i>le développement de la matière selon l'environnement</i>	127
<i>La composition et la décomposition formelles :</i>	
<i>l'émergence et la dégénérescence</i>	129

4. La conception architecturale moderne	133
4.1. La plasticité de l'avant-garde	134
4.1.a) Le dynamisme plastique futuriste	135
4.1.b) L'architecture plastique de Theo van Doesburg	138
<i>Le cadre théorique</i>	138
<i>La représentation architecturale</i>	140
4.2. Les expressions fluides chez Mies van der Rohe, Le Corbusier et F. L. Wright	143
4.2.a) L'espace fluide de Mies van der Rohe	144
4.2.b) La fluidité de la villa Savoye de Le Corbusier	149
4.2.c) La fluidité de la maison sur la cascade (Fallingwater) de F. L. Wright.....	151
4.3. La dimension fluide de l'architecture expérimentale	152
4.3.a) La fluidité dans l'architecture visionnaire	154
<i>Le dynamisme comme moyen de l'architecture fluide</i>	154
<i>Le dynamisme comme objectif de l'architecture fluide</i>	156
4.3.b) La fluidité dans l'architecture déconstructiviste.....	159
5. La continuité formelle	165
5.1. L'approche mathématique de la continuité formelle	167
5.1.a) Topologie et non-orientabilité en mathématiques.....	167
5.1.b) Continuité et non-orientabilité en art et architecture	169
<i>La continuité formelle en art</i>	170
<i>La continuité formelle en architecture</i>	171
5.2. L'approche sculpturale de la continuité formelle.....	173
5.2.a) Les précurseurs de l'architecture-sculpture	174
5.2.b) Le Corbusier et la Chapelle Notre-Dame-du-Haut à Ronchamp.....	178
5.2.c) L'architecture-sculpture.....	180
<i>Les « sculptures habitacles » d'André Bloc</i>	181
<i>L'« architecture du geste » de Daniel Grataloup</i>	182
<i>L'architecture ovoïde de Pascal Häusermann et Antti Lovag</i>	184
5.3. L'approche contemporaine de la continuité formelle	186
5.3.a) La fluidité comme l'élégance d'une architecture exubérante	187
5.3.b) La fluidité comme expression de l'inflexion	191
<i>L'approche scientifique de l'inflexion</i>	191
<i>L'approche sculpturale de l'inflexion</i>	193

6. L'ambiance architecturale	195
6.1. La continuité d'un mouvement fugace	197
6.1.a) La continuité comme « situation »	198
6.1.b) La continuité comme montage	200
6.2. La fluidité laminaire et la fluidité turbulente	203
6.2.a) La fluidité laminaire sacrée	204
<i>La fluidité comme solitude</i>	204
<i>La fluidité comme mystère</i>	205
<i>La fluidité comme illumination surréaliste</i>	207
<i>La fluidité entre mystère et surréalisme</i>	208
<i>La fluidité comme illumination du béton</i>	210
<i>La fluidité comme transition du laminaire au turbulent</i>	212
6.2.b) La fluidité entre réel et virtuel	215
<i>Le caractère dichotomique de la transparence en peinture</i>	217
<i>Le caractère dichotomique de la transparence en architecture</i>	218

LA DEUXIEME PARTIE - L'analyse « fluidique » des exemples architecturaux contemporains

Introduction à la méthode d'analyse des études de cas	223
La sélection des études de cas	229
H2O expo (Lars Spuybroek)	231
One Ocean (SOMA architecture)	236
Les Thermes de Vals (Peter Zumthor)	241
Les Pavillons Les Cols (RCR Architectes)	246
Aménagement du 4e étage de l'hôtel Puerta America (Plasma Studio)	251
Pavillon 21 MINI Opera Space (Coop Himmelb(l)au)	254
18.36.54 (Daniel Libeskind)	256
FRAC Centre : Les Turbulences (Jakob + MacFarlane)	260
ICD/ITKE Research Pavilion 2011 (ICD/Achim Menges & ITKE/Jan Knippers)	265
ICD/ITKE Research Pavilion 2013/2014 (ICD/Achim Menges & ITKE/Jan Knippers)	269
Aggregate Structure 2013 (ICD/Achim Menges & Karola Dierichs)	274
Cloud Pavilion (Sou Fujimoto Architects)	279
La cathédrale de graines (Heatherwick Studio)	283
Parasol Metropol (Jürgen Mayer H. und Partner Architekten)	287
Rolex Learning Center (SANAA/ Kazuyo Sejima, Ryūe Nishizawa)	291
Heydar Aliyev Center (Zaha Hadid Architects)	296

Galaxy SOHO (Zaha Hadid Architects)	300
Cleveland Clinic Lou Ruvo (Gehry Partners)	304
Hôtel Marqués de Riscal (Gehry Partners)	308
Aqua Tower (Studio Gang Architects)	311
OBSERVATIONS SUR L'ANALYSE DES ETUDES DE CAS	315
Exemples de similitudes entre différents pictogrammes	318
CONCLUSION	325
BIBLIOGRAPHIE	329

Introduction

La « fluidité architecturale » représente un cumul des caractéristiques empruntées de différents styles, mouvements et courants architecturaux à travers l'histoire, qui se trouve dans une perpétuelle évolution et un permanent changement en termes de forme, d'espace et d'atmosphère. Ces caractéristiques se réactualisent selon les nouvelles tendances architecturales et selon le développement des outils numériques (CAD : Computer aided Design en anglais, ou CAO : Conception assistée par Ordinateur en français), en devenant des éléments essentiels du vocabulaire du discours architectural contemporain. L'évolution et l'apparition des nouveaux matériaux, ainsi que les nouvelles technologies de construction (CAM : Computer aided Manufacturing en anglais, ou PAO : Production assistée par Ordinateur en français) rendent possible la concrétisation de la fluidité, afin de concevoir différentes formes. « Fluide » et « fluidité » constituent des notions très présentes aujourd'hui, aussi bien en architecture que dans d'autres domaines artistiques, soit pour expliquer une démarche, illustrer une attitude ou interpréter un processus, soit pour justifier la plausibilité d'un concept. On peut souvent deviner la fluidité du concept en architecture, surtout dans la production contemporaine, mais sans connaître précisément leurs attributs et leur caractère et sans être conscient de leurs critères d'identification. La fluidité architecturale est un oxymore, délibérément choisi, pour mettre l'accent sur les valences de fluidité par rapport aux caractéristiques intrinsèques de l'architecture : comparée aux autres domaines artistiques (littérature, arts plastiques, danse, théâtre, cinéma, photographie, etc.), l'architecture n'est pas seulement pensée, interprétée ou illustrée, mais elle est également construite, habitée et solide. Donc, en admettant que l'association des termes « fluide-solide » peut être confuse, conférant une très vague idée par rapport au contenu de ce travail, on a réservé la première partie de cette thèse pour définir la « fluidité » et pour trouver ses racines dans l'histoire de l'architecture, racines qui ont une influence essentielle dans l'architecture actuelle.

La problématique de cette thèse est étroitement liée à l'exploitation de la notion « fluide » dans la théorie de l'architecture, surtout dans les essais contemporains, terme importé de la physique mais encore en manque de références théoriques dans notre discipline. Celui-ci est métaphoriquement transformé, d'une façon formelle, par rapport à la courbure et à l'inflexion, ou d'une façon spatiale, par rapport à la continuité et la flexibilité de l'espace. Le plus souvent, les théoriciens instaurent un rapport de similitude entre la fluidité, en tant que caractéristique architecturale, et l'écoulement des fluides (flux¹). Si cette analogie vise l'écoulement comme le représentant des processus de la mécanique des fluides, elle nous ramène dans une impasse en ce qui concerne le potentiel de l'expression architecturale, car cet écoulement ne représente qu'une des différentes caractéristiques des fluides et les liquides et les gaz peuvent passer par plusieurs phases d'instabilité pour trouver leur état final. Déformabilité, transformation, viscosité, turbulence, diffusion, immatérialité représentent également des propriétés des fluides qui, à côté de l'écoulement, peuvent caractériser la production architecturale. Dans ce contexte, une définition et une détermination de la « fluidité » nous semble impérative pour le commencement de l'analyse des concepts architecturaux contemporains.

Le propos sur la « fluidité » du point de vue de l'inspiration dans le contexte historique est d'une importance majeure pour la compréhension de son impact dans le contexte actuel. Les caractéristiques fluides recherchées dans la première partie de la thèse constituent la base de données pour la deuxième partie, celle du corpus. Le corpus concerne une série de projets architecturaux contemporains qui présentent un « degré » de fluidité et qui peuvent être considérés, dans une certaine mesure, comme étant des expressions fluides architecturales. Dans la production architecturale actuelle, la fluidité suppose d'un côté l'architecture du milieu, de l'ambiance par virtualité, immatérialité, insaisissabilité, incertitude, ambiguïté, flou, indétermination, etc. - la fluidité en architecture, et d'un autre côté, elle vise l'architecture tectonique des formes douces ou fracturées, continues ou dispersées, qui évoque analogiquement la dissolution des limites, la complexité formelle, l'écoulement de la masse, le mouvement et la dynamique du volume, etc. – la fluidité de l'architecture.

¹ Le flux peut aussi bien déterminer l'espace fluide que la forme fluide. Kengo Kuma considère le flux comme l'essence pour toutes les choses vivantes et l'architecture en tant qu'un organisme, dont le flux (la propriété de fluer) représente la force motrice qui anime l'édifice : « la plupart des gens ont perdu de vue les qualités de liberté, détente et grâce que l'on peut obtenir par quelque chose qui "flue" » (Kuma, 2011, p. 3). Il apprécie que l'eau et l'air constituent les nouveaux matériaux qui peuvent satisfaire la souplesse architecturale, mais « la souplesse de l'architecture n'équivaut pas à la souplesse du matériau avec lequel elle est réalisée. Le miracle est que de petites unités s'unissent, se séparent, se déplacent et deviennent flexibles pour répondre aux graves changements environnementaux, et c'est en cela que réside la souplesse » (*Ibid.*, 2011, p. 3).

Puisque la fluidité architecturale est une métaphore et la notion de fluidité est abstraite par rapport à l'architecture, on essaye de relier ce terme aux processus qu'on peut retrouver en physique, qui sont plus concrets. On a déjà noté que la fluidité architecturale est un oxymore, car la caractéristique intrinsèque de l'architecture est la solidité. En même temps, on peut remarquer qu'en physique, un solide peut être transformé dans un fluide, liquide ou gaz, par le biais de différents processus (sublimation et fusion), et que les fluides peuvent se retransformer par un (inter)changement de leur état : de liquide en gaz et l'inverse (par vaporisation et liquéfaction). Le défi est de mettre en évidence l'évolution de la signification du terme « fluide » du sens concret (qui se retrouve en physique) jusqu'à son sens abstrait en architecture et de transformer métaphoriquement les propriétés physiques en concepts, puis en catégories architecturales, qui représentent des expressions de la fluidité à travers l'histoire.

Cette recherche a plusieurs objectifs : le premier est celui qui vise la définition de la fluidité et son association à l'architecture. En considérant l'hypothèse antérieurement mentionnée, que la fluidité peut se retrouver en deux situations par rapport à l'architecture (la fluidité de l'architecture et la fluidité en architecture), l'objectif est de stabiliser et de « traduire » cette fluidité dans un environnement architectural contemporain, sans scinder les deux composantes : la partie sensible et celle tectonique. On ne peut pas et on ne veut pas séparer la forme de l'espace, la masse du vide, car ceux-ci constituent des conditions vitales pour l'intégrité du concept architectural ; mais on peut considérer que la fluidité de l'architecture est une fluidité figée : une masse, une matière, soumise à un mouvement, à une transformation continue, qui a été surprise à un instant de son évolution et qui a été « gelée » dans une forme singulière². En revanche, la fluidité en architecture est une fluidité mouvante, qui comprend l'atmosphère ressentie, la partie sensible, l'ineffable, et qui dépend directement de l'existence de la fluidité figée³.

Le deuxième objectif est de remettre la fluidité architecturale contemporaine dans une perspective historique évolutive, pour révéler les circonstances de son apparition, les conditions de son évolution, les critères d'appartenance à cette tendance, en distinguant ses attributs, ses caractéristiques et ses expressions. Notre but ne vise pas une réinterprétation de l'histoire et de

² Frédéric Migayrou donne une des définitions de la forme de l'architecture non standard, valide pour la forme fluide : « La forme y devient un a priori morphogénétique, les formes choisies pour incarner l'architecture n'étant que l'état de définition d'une singularité dans un continuum dans une perpétuelle évolution » (Migayrou, Mennan, 2003, p. 32).

³ Dans l'introduction à : Walter Curt Behrendt, *The Victory of The New Building Style*, Detlef Mertins cite Raoul Hausmann en ce qui concerne le rapport entre la forme et l'atmosphère, alors qu'il (Raoul Hausmann) « suggérait que chaque forme était un moment-image gelé participant à l'aura créative de l'atmosphère (fluidum), notion constituante aussi bien pour Hugo Häring, Mies van der Rohe ou Le Corbusier, et qui devait tenir ensemble la fixité normative du type et l'ouverture à un vitalisme » (*Ibid.*, 2003, p. 30).

la théorie de l'architecture du point de vue de la fluidité, mais plutôt une classification des attributs fluides en architecture à travers l'histoire selon différents processus spécifiques à la mécanique des fluides. Par conséquent, la fluidité qui a été « figée » à l'instant d'un **processus dynamique** (comme celui de l'écoulement des fluides) engendre une vision sur le champ de forces qui agit sur l'espace architectural et qui se traduit par la conception architecturale moderne (P. Mondrian et le mouvement De Stijl, U. Boccioni et les Futuristes, les œuvres de Mies van der Rohe inspirées de De Stijl, etc.). « Figée » à l'instant d'un **processus d'évolution**, elle engendre une approche du monde vivant, de la croissance naturelle, qui s'exprime par l'architecture organique (A. Gaudi, Biothing, Kokkugia, Marc Fornes & Theverymany, etc.). « Figée » à l'instant d'un **processus de transformation**⁴ (le changement de l'état par vaporisation et liquéfaction), la fluidité apporte un regard sur la continuité infinie, formelle et spatiale (Max Bill, Bruno Munari, Charles Eames, Frederick Kiesler, Un Studio, Zaha Hadid, X_TU Architecture, etc.). La fluidité mouvante, continue dans un **processus de fusion ou sublimation** (l'analogie par laquelle l'architecture solide se transforme en architecture sensible, ineffable), exprime l'ambiance et le sensible. La qualité des fluides, définie par tous les processus mentionnés (dynamisme, évolution, transformation) est caractérisée par instabilité. Elle détermine un rapport fluidité-chaos, qui se retrouve d'une manière philosophique ou scientifique, dans toutes les catégories antérieurement évoquées (la conception moderne et celle organique, la continuité infinie et l'ambiance). Cette relation fluidité-chaos nous permet d'introduire une autre notion empruntée de la physique, celle de l'entropie⁵, qui représente dans ce cas, l'unité qui mesure le degré de la fluidité architecturale.

Le troisième objectif est de trouver des expressions fluides dans le discours architectural contemporain. Ce troisième objectif représente une analyse qui montre la mesure et les conditions dans lesquelles la matérialisation de la fluidité devient possible, la frontière entre réalisable et concept, l'échelle de solidification de la fluidité et le rapport (s'il existe un rapport) entre la fonction architecturale du bâtiment et l'expression fluide.

⁴ Le premier principe de la thermodynamique stipule que l'énergie se conserve, c'est-à-dire qu'elle ne se perd pas et ne se crée pas : elle se transforme.

⁵ Le deuxième principe (loi) de la thermodynamique introduit la notion d'entropie, un principe d'évolution qui dépend de l'énergie et qui présente une augmentation selon sa transformation. L'entropie mesure le désordre, qui pour les physiciens représente le manque de complexité : « Entropy always grows. This means that systems pass from a state of great order to one less so. [...] Disorder for physicists is lack of complexity. Entropy mesure laxity » (Cros, Gausa, 2000, p. 196).

Pour atteindre ces objectifs nous développerons une démarche analogique⁶, de « fiction théorique »⁷, en tant que méthodes qui permettent la métamorphose des termes, avec un regard pluridisciplinaire et transdisciplinaire⁸ sur la définition des expressions architecturales fluides. Puisque la fluidité représente un concept récemment importé parmi les qualités architecturales contemporaines et que les références sur ce sujet sont très réduites, on considère que pour la réalisation du premier objectif, une **méthode synthétique** est impérative. Elle concerne l'organisation des données bibliographiques par rapport aux définitions des notions (fluide et fluidité) existantes en architecture et dans d'autres domaines (scientifiques et artistiques), et leur évolution jusqu'à aujourd'hui. Le deuxième objectif est atteint par la **méthode comparative**, qui vise l'interdisciplinarité de ces notions, leur métamorphose et la mesure dans laquelle leur sens peut se transformer selon différents champs étudiés. Le troisième objectif suppose une **méthode analytique** pour trouver des expressions de la fluidité en différents objets architecturaux et dans leur discours théorique.

On doit préciser que le but de cette recherche n'est pas de créer un nouveau courant architectural, ni de démontrer la pertinence formelle de la production architecturale actuelle. Nous essayons de présenter une tendance contemporaine, celle de la fluidité, de plus en plus présente en architecture, comme un processus qui a évolué pendant les années, qui a fourni différents concepts, différents discours architecturaux et différentes formes, et qui n'est pas apparu soudainement. Cette tendance ne représente pas exclusivement l'influence des outils numériques dans les vingt dernières années, même si, bien sûr, ils ont beaucoup influencé le

⁶ Selon Jean-Pierre Chupin, « l'analogie serait une des grandes matrices de l'architecture. Qu'elle soit proactive dans ses projets ou rétroactive, parfois, dans ses théories, l'architecture serait redevable de cette forme de pensée, claire et naturelle, en apparence, dans les termes qu'elle entend rapprocher, mal comprise et complexe, en définitive, dans sa façon de relier des entités disjointes » (Chupin, 2010, p. 11).

⁷ En général, la fiction théorique est associée à l'analogie et à la métaphore : « La fiction théorique est ce qui permet de décrire, d'interpréter, voire d'expliquer des phénomènes quand il n'est pas possible de produire une preuve ou avant que cela soit possible ; elle serait ce qui permet d'échafauder une pensée, un questionnement, sans passer par la voie stricte de la formalisation scientifique » (Vermandel, 2005, p. 8), mais « l'architecture et les architectes proposent des formes, des sens, des significations et des interprétations - les projets sont par nature des fictions-, mais ils ne peuvent en général proposer de « bonnes » théories de leur projet que lorsque rapportées à l'histoire du projet lui-même ou à certaines de ses situations contextuelles » (Haumont, 2005, p. 48-49). Donc, en architecture, la fiction théorique est associée à l'approche de l'intangible, à l'inspiration qui peut générer le futur projet.

Selon Estelle Thibaut, « la notion de fiction théorique semble de fait répondre à une réalité épistémologique des théories architecturales, procédant d'une forme de rationalisme ouvert aux glissements, métaphores et analogies » (Thibaut, 2005, p. 296).

⁸ Il nous semble important de faire la différence entre pluridisciplinaire, interdisciplinarité et transdisciplinaire : la pluridisciplinarité est l'association, la juxtaposition des plusieurs disciplines. Elle est un état et pas une démarche pédagogique, elle induit l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité. L'interdisciplinarité accuse le décloisonnement des disciplines, qui associées, apportent leurs savoirs et leurs méthodes, en gardant leurs spécificités. La transdisciplinarité engendre une complexité qui « implique le renforcement et/ou l'acquisition de compétences communes (transversales) aux disciplines associées. C'est donc là l'occasion d'utiliser les spécificités de chacune de ces disciplines pour atteindre ces objectifs communs (compétences transversales) » (Académie de Reims, Inspection de l'Enseignement Technique, 2000).

potentiel de l'architecture, ne permettant pas que la représentation, la modélisation et la réalisation matérielle de formes de plus en plus complexes, mais aussi le calcul et la performance des bâtiments. Il est évident que la séduction des nouvelles formes a fourni des discours architecturaux, des concepts plus ou moins réalisables, des rêves et des utopies, mais une des intentions de cette recherche est d'exposer et d'analyser les tendances fluides avant l'apparition des outils numériques, selon l'esprit du temps, et leur écho dans l'architecture actuelle. Les concepts qui nous semblent « escapistes »⁹ aujourd'hui ont déjà été interprétés pendant l'histoire de l'architecture en différents styles et courants. En contemporanéité, on assiste en fait à leur réinterprétation et à leur (ré) matérialisation par le biais de ces outils.

La « fluidité architecturale » n'est pas évoquée que par l'architecture gothique ou celle baroque, elle n'est pas exprimée que par les influences Art Nouveau, organiques ou vernaculaires, elle n'est pas révélée que par la révolution artistique et architecturale moderne ou par les tendances expressionnistes : elle constitue l'expression du croisement entre différentes qualités architecturales, mélange entre l'architecture non-standard¹⁰, l'architecture paramétrique¹¹, l'architecture biomimétique¹² ou celle virtuelle¹³ ; elle vise à la fois l'architecture de surface et formelle, volumétrique, ou sensorielle (du milieu). C'est pour cette raison que la fluidité

⁹ « Escapiste » est un néologisme d'origine anglaise (du verbe « escape » qui se traduit en français par « échapper »). Cette notion est utilisée en psychologie par rapport aux personnes qui veulent échapper ou se soustraire à une société, un monde considéré illégitime. En raison de cette définition, l'escapisme est parfois associé au suicide ou au rêve. Ce terme est aussi emprunté dans d'autres domaines pour mettre en évidence l'excentricité, l'unicité, l'extravagance : par exemple, la créatrice de mode néerlandaise Iris van Herpen a présenté en janvier 2011 à la Semaine des défilés de Haute Couture (Paris), la collection intitulée « escapism couture » : « Escaping from everyday reality through addictive digital entertainment incites in Iris van Herpen not only feelings of emptiness but also associations with the grotesque, the extreme and the fantastic » (<http://www.irisvanherpen.com>). En architecture, on emprunte cette notion en visant les nouvelles attitudes et tendances qui caractérisent les projets non standard, qui essaient d'« échapper » aux normes, donc au standard.

¹⁰ Selon Chiara Silvestri l'architecture Non-Standard exprime les « expérimentations contemporaines sur la complexité, la variabilité et la continuité dans l'architecture » (Silvestri, 2009, p. 15).

Les projets qui peuvent être intégrés dans la catégorie de l'architecture non standard et qui, par exemple, ont été présentés à l'exposition « Architectures non standard » du Centre Pompidou en 2003-2004, « font apparaître avec évidence un nouveau vocabulaire formel qui redonne un intérêt nouveau pour l'organique, le dynamique et l'animé. La stabilité formelle cède devant un écologisme et un vitalisme architectural qui transfigurent en permanence la forme, prise par des capacités morphogénétiques toujours en développement, dans un déploiement rationnel et sensible » (Mennan, 2003, p. 34).

¹¹ L'architecture paramétrique est réalisée par le biais des outils numériques, qui permettent de concevoir La Forme Libre : « La Forme Libre est donc le résultat d'un processus de « morphogenèse numérique », dans lequel un ensemble complexe de paramètres couplés interagissent de façon non prédéterminée pour générer une forme qui est la « meilleure » possible en relation aux paramètres choisis et aux lois du couplage » (Silvestri, 2009, p. 14).

¹² « Le biomimétisme est une démarche qui vise à appliquer à la création humaine les principes qui gouvernent l'apparition, l'organisation et l'évolution des formes naturelles » (Brayer, Migayrou, 2013).

¹³ « Le virtuel donne vie et transforme en monde autonome, doté de sa propre spatialité, l'antique bidimensionnalité figée du dessin » (Arnaud, 2010, p. 51).

« Est virtuelle toute architecture qui n'est pas réelle, actuelle, réalisée, mais qui possède les attributs pour le devenir : elle est potentielle. [...] L'architecture virtuelle n'est pas qu'une architecture imaginaire ou de l'imaginaire. C'est avant toute chose une architecture dynamique, au sens qu'elle n'est pas figée mais au contraire définie comme un devenir possible, dans le présent ou dans le futur » (Brangé, 2001, p. 14).

architecturale présente plusieurs couches, et chaque projet est en fait une imbrication hétérogène entre elles. La « fluidité architecturale » est aussi bien une illusion, une confusion, une incertitude, qu'une incarnation de l'approche mathématique, une évolution vers la complexité et une suggestion du mouvement et du dynamisme. Elle est la révélation matérielle d'un processus continu qui ne s'arrête pas aujourd'hui et qui se développe perpétuellement : la fluidité sera toujours contemporaine dans les futurs discours architecturaux, mais très probablement sous d'autres formes que celles présentées dans cette recherche.

LA PREMIERE PARTIE

Le cadre théorique du concept de « fluidité »

1. Fluide et fluidité : définition et métamorphose

L'objectif de ce chapitre est de définir la notion de « fluide » et les termes dérivés de cette notion (fluidité, fluidique, flux), du point de vue étymologique, physique, artistique et architectural, et de créer une liaison entre leur sens concret (en hydrostatique, thermodynamique, etc.) et leur sens métaphorique (en art, architecture, philosophie, etc.). Cette liaison est réalisée par le biais de l'analogie, qui permet de transformer les processus présents dans les sciences exactes en concepts architecturaux, et qui nous permet d'appréhender les différentes couches de la fluidité architecturale.

1.1. Définition et compréhension

En premier lieu, on considère que pour la définition et la compréhension des notions de « fluide » et de « fluidité », empruntées aujourd'hui au discours architectural, il est impératif de connaître leur historique linguistique. Si l'on se réfère au *Dictionnaire de la langue française du seizième siècle*, le terme « fluide » n'existait pas à cette époque : les adjectifs qui caractérisaient les milieux ou les corps qui coulent facilement étaient les termes « fluxible »¹, « fluxile »² (fluxilis), « fluxion »³, « fluxibilité »⁴ ou « fluctueux ». Alors que le terme « fluide » n'existait pas,

¹ La notion « fluxible » est définie par rapport à l'« humeur fluxible », c'est-à-dire « qui passe, fugitif » (Huguet, 1950, p. 140). Selon Jean Bouchet (1476-1557) dans *Les triomphes de la noble et amoureuse dame, et l'art de honnestement aymer, Compose par le traverseur des Voyes perilleuses (1530)*, « la volonté du monde est aymer choses fluxibles et peu durables » (*Ibid.*, 1950, p. 140).

² Le père de la chirurgie moderne, Ambroise Paré (vers 1510-1590), utilise le terme « fluxile » (fluxilis), en faisant référence à « tout ce qui est fluxile, coulant, liquide, tant és corps de l'homme que de toutes bestes ayant sang » (Huguet, 1950, p. 140).

³ « Fluxion » décrit soit l'écoulement : « toutes les choses sont en fluxion, muance et variation perpétuelle » - Michel de Montaigne (1533-1592), soit l'émanation : « les fluxions de senteur qui sortent des fleurs... » - l'évêque Jacques Amyot (1513-1593) (*Ibid.*, 1950, p. 140).

⁴ La « fluxibilité » (qui peut être remplacée aujourd'hui par le terme fluidité) représente la « qualité de ce qui laisse couler » ou la « qualité de ce qui passe rapidement » (*Ibid.*, 1950, p. 140).

il est intrigant de trouver le nom « fluidité »⁵ et l'adverbe « fluidement », des notions qui sont très actuelles, tandis que les autres (fluxile, flexible, etc.) n'existent plus.

La définition du terme « fluide » [flyd; fluid], vient du lat. *fluidus*, de *fluere* et s'exprime aussi bien en tant qu'adjectif, par rapport à une matière⁶, que nom masculin (au XVIII^{ème} siècle), par rapport aux liquides et gaz⁷. Métaphoriquement, « fluide » reflète ce « qui a la tendance à échapper, qu'il est difficile de saisir, de fixer, d'apprécier (flottant, fluctuant, mouvant, indécis, insaisissable) » (Rey, 2001a, p. 853) ou « qui coule facilement, harmonieux » (Guilbert, Lagane, Niobey, 1973, p. 1992). Par ailleurs, le terme « flux » [fly], qui vient du latin *fluxus*, est apparu en 1306 en médecine, caractérisant « l'écoulement (d'un liquide organique) » (Rey, 2001a, p. 858). Il représente aussi le « courant », le « faisceau de courants » et métaphoriquement, il se réfère au « mouvement semblable à celui de la marée », à l'« alternative » ou au « changement » (*Ibid.*, 2001a, p. 858).

La compréhension exhaustive des notions « fluide », « fluidité », « flux », est nécessaire aussi bien pour l'entendement de leur présence dans le domaine architectural que pour la définition de la fluidité architecturale. En général, le terme « fluide », fondateur pour cette recherche, est entendu comme nom (plutôt dans le domaine scientifique) ou comme adjectif (en tant que métaphore, plutôt dans les domaines artistiques ou des sciences sociales). Pourquoi essayons-nous d'établir une analogie entre les deux et pourquoi ne considérons-nous que le caractère métaphorique de cette notion ? Parce que pour définir un élément plus ou moins abstrait, pour définir la partie intangible de l'architecture, des repères concrets, liés au langage courant, sont nécessaires ; pour établir des relations analogiques et métaphoriques, il s'agit d'abord de connaître leur sens propre, scientifique, leur acception. Nous ne pouvons pas définir une notion absconse par le biais de termes qui ne peuvent pas être retrouvés dans un langage quotidien. Donc, la fluidité architecturale s'exprime en plusieurs couches, en déterminant plusieurs aspects, de différents points de vue : de l'interprétation concrète à l'interprétation métaphorique, de la matière à l'intangible, du fluide à la fluidité.

⁵ Vers l'année 1548, le poète français de la Renaissance Jaques Tahureau (1527-1555) associe la notion de « fluidité » à l'expression : « ceste résonance et fluidité de Q Haterius fut estaincte avec sa personne » (*Ibid.*, 1950, p. 139).

⁶ « qui n'est ni solide ni épais, mais coule aisément » (Rey, 2001a, p. 853); « qui coule, mou, énervé, éphémère » (Guilbert, Lagane, Niobey, 1973, p. 1992).

⁷ Le fluide est présenté comme un « corps qui épouse la forme de son contenant (liquides et gaz) » (Rey, op.cit.).

1.1.a) Dans le domaine scientifique

Le domaine scientifique se réfère aux fluides en tant que milieux matériels qui peuvent se retrouver dans différents états de la matière (liquide, gaz, fluide supercritique⁸) et, parmi d'autres qualités, la capacité de couler et de déformation est une propriété déterminante, qui les différencie des solides. Mais au-delà de ces états bien définis, il existe de nombreux états intermédiaires car « les concepts de fluidité et solidité parfaite n'étaient que des cas limites, rarement atteints dans la pratique » (Jensen, 2001, p. 107). D'abord nous considérons que la distinction entre fluides et liquides est d'une importance majeure afin de comprendre les paramètres de la fluidité architecturale, en considérant pas seulement les caractéristiques des liquides : « liquide, latin *liquidus*, d'où *liquescere*, se fondre se dissoudre, s'amollir, indique seulement que les corps n'ont pas de consistance, cèdent à la moindre pression, et que leurs parties constituantes tendent sans cesse à couler de tous côtés et à se séparer. (...) Fluide, de fluere, couler, d'où fluvius, fleuve, c'est ce qui coule en avant ou s'écoule » (Lafaye, 1884, p. 736). François Guizot explique aussi cette différence : « La fluidité est inséparable des liquides, mais la liquidité n'est pas essentielle aux fluides. L'air est un fluide quoiqu'il ne soit pas liquide. Dire d'une substance autre que l'eau, qu'elle est liquide, c'est dire que sous ce rapport elle est semblable à l'eau ; dire qu'elle est fluide, c'est dire simplement que ses particules n'ont pas entre elles cette force de cohésion qui les rendrait solidement unies. La nature des liquides est de couler de haut en bas ; la fluidité s'exerce en tous sens » (Guizot, 1848, p. 72).

En général, les caractéristiques des milieux fluides sont la continuité⁹, la déformabilité¹⁰ et la viscosité¹¹. La viscosité était considérée comme l'élément qui a la capacité de transformer le liquide (qui constitue un fluide) en un demi-fluide : « Les molécules du fluide sont plus mobiles,

⁸ Le fluide supercritique est l'état où la matière est compressible et se comporte comme un gaz (i.e. il remplit et prend la forme de son récipient), contrairement au comportement des liquides (qui sont incompressibles et qui n'occupent que la partie inférieure du récipient). Un fluide supercritique présente la densité d'un liquide, d'où la caractéristique de dissolvant. C'est pour cette raison qu'on ne peut pas définir le fluide supercritique comme gaz ou liquide. (Dvoyashkin, 2007).

⁹ En ce qui concerne la continuité, « un milieu matériel est dit continu lorsque toutes ses propriétés sont des fonctions continues de l'espace et du temps (champ de contraintes, température, vitesse, loi de comportement, etc.). Toutefois, un milieu peut être continu par morceaux, ceux-ci étant séparés par des surfaces de discontinuité (cas d'un contact entre milieux différents) » (Padet, [s.d.], p. 15).

¹⁰ Concernant la déformabilité, « elle suppose une matière déformable, susceptible de prendre la forme de l'enceinte qui la contient. Alors que, dans les solides, des forces importantes provoquent des déformations très petites, dans les fluides des forces faibles entraînent des déformations importantes » (*Ibid.*, [s.d.], p. 15).

¹¹ La viscosité représente « la grandeur qui contrôle les écoulements lents des fluides simples » (Guyon, Hulin, Petit, 2005, p. 5) et qui « traduit la résistance du liquide au cisaillement, c'est-à-dire au glissement des couches de fluides les unes par rapport les autres (caractérisé par la variation de la vitesse, dans une direction transverse à l'écoulement) » (*Ibid.*, 2005, p. 11).

Selon Pablo Jensen « un premier écart vis-à-vis de ces états parfaitement fluides ou solides nous est familier : certains liquides comme le miel peuvent aussi se déformer, mais ils le font plus lentement. On peut quantifier ces différences en utilisant un paramètre appelé « viscosité », qui caractérise la vitesse à laquelle un corps se déforme. Par exemple, la viscosité d'un miel liquide est mille fois plus forte que celle de l'eau » (Jensen, 2001, p. 108).

plus glissantes, plus subtiles, dans un état de plus grande division et moins tenaces ; en sorte que la liquidité n'est souvent qu'une demi-fluidité » (Lafaye, 1884, p. 736). Selon Buffon, « la lave est un verre impur en liquéfaction et dont la matière tenace et visqueuse n'a qu'une demi-fluidité » (*Ibid.*, 1884, p. 736).

Puisque le dynamisme est un élément marquant pour le sujet de cette thèse, une des caractéristiques déterminantes des fluides qui nous intéresse pour la définition de la fluidité architecturale est l'écoulement. Celui-ci peut être laminaire, c'est-à-dire un écoulement de forme régulière et invariable, ou turbulent, dont la forme irrégulière engendre des petits tourbillons. L'écoulement laminaire de fluides peut être caractérisé par des grandeurs comme la viscosité, tandis que l'écoulement turbulent de fluides (les turbulences) suppose la présence des tourbillons (ou vortex) qui, dans le langage physique, sont définis comme « les mouvements de rotation locale du fluide, [...] qui peuvent prendre des formes géométriques bien définies autour des lignes ouvertes ou fermées comme des cyclones ou, de façon plus paisible, des anneaux de tourbillons. Au contraire, elles peuvent être enchevêtrées dans tout le volume du fluide et évoluer de manière imprévisible au cours du temps : c'est la situation de la turbulence. La transition vers cette dernière s'opère fréquemment par le développement d'instabilités, souvent, au départ, périodiques dans l'espace et dans le temps » (Padet, [s.d.], p. 6). Les turbulences ont été décrites pour la première fois en 1507, par Léonard De Vinci (qui a utilisé le terme italien « la turbolenza »). Dans son dessin, il compare l'écoulement de l'eau avec celui du cheveu, ayant deux types de mouvements : un, qui est l'effet du poids des cheveux et l'autre représente l'effet de la direction des boucles. En raison de cette comparaison, il a établi qu'une partie des mouvements tourbillonnaires de l'eau est le résultat du courant principal et l'autre partie est due à un mouvement aléatoire et inverse¹². Pour Descartes, le système du monde montre des corps célestes nageant dans une matière fluide et cette fluidité implique des tourbillons : « les cieux sont divisés en plusieurs tourbillons, et [...] les pôles de quelques-uns de ces tourbillons touchent les parties les plus éloignées des pôles des autres » (Charpentier, 1904, p. 88), la matière étant filtrée et transformée par le biais de ces tourbillons : « la matière du premier élément entre par les pôles de chaque tourbillon vers son centre, et sort de là par les endroits les plus éloignés des pôles » (*Ibid.*, 1904, p. 88). Plus récemment, la théorie de Vincent Fleury sur l'évolution des animaux implique la transformation d'une rondelle « molle », qui « a la consistance d'une méduse, comme chez tous les animaux primitifs, et aussi les animaux à un stade très précoce de développement » (Fleury, 2006, p. 82), par le biais des tourbillons. Pour les

¹² « Observe the motion of the surface of the water, which resembles that of hair, which has two motions, of which one is caused by the weight of the hair, the other by the direction of the curls; thus the water has eddying motions, one part of which is due to the principal current, the other to the random and reverse motion » (Ecke, 2005, p. 125).

vertébrés et particulièrement des quadrupèdes, « tout va tourner autour de quatre tourbillons [...] la rondelle s'enroule sur elle-même d'une façon en apparence très complexe, mais qui est pourtant très simple : quatre tourbillons, répartis autour d'une croix¹³ » (*Ibid.*, 2006, p. 82). Donc, il est évident que la question des vortex (tourbillons) a suscité l'intérêt scientifique, engendrant plusieurs théories sur ce sujet. Élément de morphogénèse, le tourbillon (en tant que condition dynamique) suppose toujours l'existence du fluide (le milieu, la matière). Pour cette raison, il va constituer un composant notable de l'analyse du discours architectural contemporain. La turbulence et le tourbillon sont de plus en plus présents dans l'architecture contemporaine, en tant qu'éléments d'inspiration pour le développement des nouvelles formes et concepts, essentiels pour la détermination de la fluidité architecturale.

Un autre élément qui nous semble fondamental à approcher pour la découverte des caractéristiques architecturales fluides est l'instabilité. Même si l'architecture est un domaine où la stabilité est primordiale, l'idée d'instabilité a déjà été exploitée à travers l'histoire (par exemple dans le discours architectural déconstructiviste) pour évoquer le non conformisme, la contradiction, le paradoxe, représentant une réaction vis-à-vis de la production architecturale précédente. Il est évident que les fluides sont instables, qu'ils sont définis par l'insaisissabilité et la fluctuation, par la variation et la mobilité, propriétés qui sont le résultat du mouvement. Mais l'instabilité est aussi caractérisée par une ambiguïté entre milieu et matière : en ce qui concerne le fluide vital pour notre existence, Cyrille Simonnet considère que l'« air élément est donc autant un espace qu'une substance, et c'est peut-être cette ambivalence qui en fait sa spécificité. D'être à la fois matière et milieu le dote d'un pouvoir de transformation permanent. A la fois ou tour à tour contenant et contenu, c'est en élément instable » (Simonnet, 2014, p. 16). Du point de vue de la science, la mécanique de fluides apprécie que « l'instabilité représente souvent un premier stade d'une transition vers la turbulence » (Guyon, Hulin, Petit, 2005, p. 125). Donc, l'instabilité et la turbulence sont étroitement liées et il faut considérer les deux pour approfondir l'empreinte de la mécanique des fluides sur le domaine architectural.

Si l'instabilité représente un stade vers la turbulence, la diffusion représente un stade vers un état uniforme de la matière et elle se réfère à des notions comme : la distribution, la propagation, la dispersion ou la vaporisation. Ce paramètre est spécifique à certains fluides, tels que les gaz, qui atteignent cet état d'uniformisation selon une concentration décroissante. En architecture les termes « diffus/diffuse » sont plus souvent utilisés que le terme « diffusion »,

¹³ La croix dans la rondelle « est à l'origine de la structure du corps humain, donc lointainement de la notion de crucifixion » (Fleury, 2006, p. 82).

représentant une expression du flou, une particularité qui est associée à l'espace et aux limites architecturales.

D'un autre point de vue, les fluides peuvent être simples – Newtoniens (l'eau, l'huile, le miel, le mercure, etc.) ou complexes (sauces, gels divers, cires, peintures, bétons, boues, sable, neige, etc.). Pour définir la « fluidité architecturale » (ou pour qualifier la relation « fluide-solide ») nous nous sommes aussi intéressé au comportement des fluides complexes, c'est-à-dire qui sont « fluides par certains aspects et solides par d'autres » (Léger, 2013, p. xi). La science qui étudie l'écoulement des fluides, y compris les fluides complexes, s'appelle la rhéologie¹⁴ ; elle traite deux questions importantes pour la métamorphose architecturale : le glissement et la fracturation. En physique ces notions constituent des expressions de la transmission des contraintes aux parois limitant les écoulements : « le glissement à la paroi (qui implique une hétérogénéité intrinsèque du système) » (*Ibid.*, 2013, p. xii), et la fracturation éventuelle « au sein du matériau sollicité lorsque celui-ci risque de devenir non-homogène, soit du fait de sa structure, soit du fait de la structure d'écoulements qui peut favoriser une concentration locale de contraintes » (*Ibid.*, 2013, p. xii) sont métaphorisés en architecture comme des expressions du mouvement volumétrique et formel.

Parmi les fluides complexes la catégorie des milieux granulaires¹⁵, qui représente généralement un ensemble de particules « assez solides pour soutenir le poids d'un immeuble, ils peuvent couler comme l'eau dans un sablier ou être transportés par le vent pour sculpter les dunes et les déserts » (Andreotti, Forterre, Pouliquen, 2011a, p. xiii). Selon la taille des particules, les milieux peuvent être : colloïdes¹⁶ (boue), poudre (farine) ou milieux granulaires (sable). « La dénomination "milieu granulaire" et "poudre" s'applique en général aux grains secs, c'est-à-dire sans fluide environnant, ou pour lesquels l'effet du fluide qui environne les grains peut être négligé. Pour des particules plongées dans un liquide, on parle de milieux granulaires "mouillés", ou plus généralement de "suspensions" dès que les interactions hydrodynamiques sont

¹⁴ La rhéologie emploie la racine grecque « rhein », c'est-à-dire « couler ».

¹⁵ Selon Romain Anger « Les disciplines relativement récentes que sont la physique des milieux granulaires secs (« physique du tas de sable ») et la physique des milieux granulaires humides (« physique du château de sable ») offrent un éclairage nouveau sur le matériau terre. Les cailloux, graviers, sables et silts constituent le squelette granulaire de la terre : ils apportent leur rigidité au matériau. La fraction fine de la terre, inférieure à deux microns et communément appelée argile, est sensiblement différente. Les particules qui la composent sont si petites qu'elles sont invisibles à l'œil nu. Mélangées à l'eau, elles se présentent sous la forme d'une pâte de couleur homogène, qui fait penser à une sorte de colle. Elles font partie de la vaste famille des colloïdes (du grec kolla=colle et eidos=sorte de) et introduisent un degré de complexité supplémentaire, plus physico-chimique, aux échelles les plus fines » (Anger, 2011, p. 8).

¹⁶ L'état colloïdal est l'état d'une substance dispersée dans un solvant lorsque ses molécules sont groupées en micelles portant une charge électrique de même signe (la substance ne peut pas traverser une membrane semi-perméable) » (Rey, 2001b, p. 281) ainsi le colloïde représente le « corps à l'état colloïdal, qui a l'apparence de la colle, de la gelée » (*Ibid.*, 2001b, p. 281).

importantes » (*Ibid.*, 2011, p. 1). Le comportement paradoxal des milieux granulaires (qui représente une catégorie des fluides complexes) nous intéresse parce qu'il peut être associé à l'oxymore retrouvé dans le titre : fluidité architecturale. L'idée que même les éléments solides peuvent couler comme un liquide ou un gaz, même si ceux-ci n'ont pas été transformés d'abord en fluide (par fusion ou sublimation) constitue un des principes générateurs de fluidité dans le discours architectural. Cette fluidité dépend de l'échelle à laquelle on considère le mouvement : à une grande échelle, la fluidité est évidente et unitaire, tandis qu'à une petite échelle, elle devient fracturée, divisée et décomposée. Ce principe est valable pour la plupart des domaines, y compris l'architecture où, avec les données « solides » (des éléments droits – murs, parois, sols, façades, toitures), peuvent être métamorphosées, par le biais du mouvement, en données sensorielles, en exprimant la fluidité, l'écoulement, la souplesse, ou l'élasticité.

Les caractéristiques des fluides peuvent changer en fonction des processus auxquels elles sont soumises, de même que la matière peut passer d'un état à l'autre. Pour les fluides complexes, le passage d'un état liquide à un état solide et l'inverse se réalisent soit par le biais de la température, soit par le biais du mouvement. La thixotropie et la rhéopexie sont deux phénomènes qui, par mouvement ou repos, changent l'état des certains fluides complexes. La thixotropie¹⁷ vise la « propriété qu'ont certains gels (dits thixotropes) de se liquéfier par agitation et de se régénérer au repos » (Rey, 2001c, p. 1200). Elle est expliquée par M. A. Boutaric dans *L'Industrie Chimique* de mars 1939 : « Ces phénomènes [...] s'observent sur le colloïdes. On sait que ces corps se présentent, soit à l'état liquide (ce sont alors des sols ou solutions colloïdales), soit à l'état solide (ce sont alors des gels). [...] Par refroidissement, un sol passe généralement à l'état de gel ; en chauffant le gel, il redevient liquide ; mais on a observé en 1923, que le changement d'état peut s'accomplir quelquefois sans variation de la température, par simple agitation, la transformation inverse s'effectuant ensuite lentement par le repos. C'est en cela que consiste la thixotropie » (Les phénomènes thixotropiques et leurs applications, 1939, p. 47). Un an plus tard, l'éventail des matières qui peuvent être thixotropiques est augmenté, et les phénomènes thixotropiques « s'observent, non seulement sur les colloïdes, mais aussi sur les matières dispersées qui ne sont pas à l'état ultramicroscopiques [...] certaines sols¹⁸ concentrés, comme ceux de gélatine, deviennent moins visqueux et moins rigides lorsqu'on les soumet à une agitation énergique, reprenant leur viscosité et leur rigidité initiales lorsqu'on les abandonne au repos » (Boutaric, 1940, p. 264). La rhéopexie représente le phénomène inverse à la thixotropie : « Dans les cas où l'on constate que

¹⁷ Le terme est apparu dans le dictionnaire Larousse en 1933 et vient du grec thixis : « action de toucher » et tropo : « changer » (Rey, 2001c, p. 1200).

¹⁸ En chimie, sol représente une « solution colloïdale » (*Ibid.*, 2001c, p. 519).

la mise en mouvement de la masse colloïdale en favorise la gélification, on dit souvent qu'il y a rhéopexie¹⁹ » (*Ibid.*, 1940, p. 263).

Continuité, déformabilité, écoulement, turbulence, glissement, fracturation, instabilité, désordre constituent aujourd'hui des principes considérés comme viables pour évaluer et analyser les émergences architecturales contemporaines. Tous ces termes, qui se retrouvent en physique, peuvent être « traduits » et « métaphorisés » en art et en architecture.

1.1.b) Dans les domaines artistiques

À partir de l'utilisation des termes « fluxile », au sens propre en médecine (par le père de la chirurgie moderne, Ambroise Paré [vers 1510-1590]), « fluxilis » et « fluxion » au sens figuré en littérature (par Jean Bouchet [1476-1557] et par Michel de Montaigne [1533-1592]), la notion de « fluide » a été définie au sens propre en physique. Cette notion a été employée au sens figuré en littérature²⁰ et métaphorisée, plus récemment, dans les domaines artistiques, tels que les arts visuels (peinture, sculpture, cinéma, photographie, etc.) ou les arts vivants (danse, arts du cirque, théâtre).

Peinture et dessin

Pour définir la « fluidité » et le « fluide » dans les domaines artistiques, on considère comme point de départ l'idée de Frédéric Cousinié selon laquelle, l'art impressionniste « se rapporte en réalité à au moins deux thématiques principales. L'une donc qui est celle des éléments (eau, air, lumière) [...] L'autre thématique, tout aussi importante, est associée à la mobilité et fugacité des objets » (Castanet, Cousinie, Fontaine, 2013b, p. 10). Nous considérons que ces deux grandes thématiques ne se rapportent pas uniquement à l'art impressionniste ou aux arts plastiques, mais à l'ensemble des arts, y compris l'architecture. Ces deux thématiques se réfèrent à tous les courants, styles et mouvements artistiques et architecturaux qui comprennent d'une certaine manière la fluidité.

¹⁹ "rhéo" représente "courant" et "pexie", de "pêxis", représente "fixation", "coagulation".

²⁰ a) Octave Homberg apprécie les vers du poète Éphraïm Mikhaël « moins achevés sans doute, ont en revanche quelque chose de plus **fluide** et de plus caressant où se trahit une jeune sensibilité » (Homberg, 1904).

b) En 1564 on peut trouver le discours de l'architecte Jean Bullant (l'architecte du Connétable de Montmorency), dans son sonnet « Aux architectes françois », dans lequel Anatole de Montaiglon déclare : « jugeant que le mérite de cet œuvre n'estoit seulement en la **fluidité du discours**, ains plustost en la disposition et agencement des figures qui n'estoient nullement selon leur ordre, aucunes étant melées » (De Montaiglon, 1862, p. 322-323).

c) La littérature et la poésie peuvent être considérées comme des arts fluides, ainsi que en ce qui concerne le poète et le romancier flamand Rodenbach (1855-1898), Fiérens-Gevaert considère que « Rodenbach, en réfléchissant dans son **art fluide** le deuil de leurs cités, est devenu lui-même l'artisan minutieux et persuasif de la Renaissance artistique des Flandres » (Fiérens-Gevaert, 1901).

La fluidité des éléments (les fluides) concerne la réalité, le concret, étant associée à la nature, désignant l'éclaircissement²¹ ; aux éléments naturels, comme « fluidités confondues de la terre et du ciel »²² ; à l'aura²³ ou à l'atmosphère, comme un « élément impalpable et fluide »²⁴ ; et à la lumière, comme un « fluide aérien »²⁵ et « actif »²⁶, « fluide subtil »²⁷ »²⁸, « rutilant et féérique »²⁹. Umberto Boccioni et les futuristes considèrent le fluide plus réel que la « réelle lumière » ; il est interprété en tant qu'infini biologique qui intègre les forces existantes dans ce milieu. Le fluide symbolise une ou plusieurs actions et pas un élément singulier qui met en évidence la réalité. C'est lui qui est plus réel, même s'il est insaisissable, et leur intérêt est de matérialiser cette réalité « du fluide, de l'éthéré, de l'impondérable »³⁰.

²¹ Les œuvres du peintre, graveur et illustrateur français Auguste Brouet (1872-1941) constituent un « cas particulier, **nature fluide** et ombreuse à la fois, art de séduction violente où interviennent du même coup la recherche et l'instinct » (Focillon, 1927).

²² Selon Georges Clemenceau, la nature exprimée par Monet d'une manière impressionniste est « l'image de la nuée se trouvant cerner les Nymphéas, fleurs et feuillages paraissent portés dans l'espace par l'irrésistible poussée des eaux frémissant du ressac où toutes les fluidités confondues de la terre et du ciel, réagissent aux appels de la floraison dans l'ivresse des suprêmes voluptés de la vie » (Clemenceau, 1928, p. 98).

²³ Le flux constitue une des caractéristiques déterminantes pour les fluides. Il est associé à l'action, à l'écoulement, à l'onde et même à l'atmosphère, ainsi que selon Deschard « au singulier, aura porte activement les signaux aux sens - c'est un flux -, au pluriel, l'"atmosphère" est sentie comme un ensemble d'ondes : c'est un espace » (Simonnet, 2014, p. 13).

²⁴ Thiébaud- Sisson apprécie, que les valeurs du peintre français Jean-Baptiste Corot (1796-1875) « marquent d'un plan à un autre les distances, qui font fuir jusqu'à l'horizon les terrains, et qui contribuent le plus à donner la sensation de cet **élément impalpable et fluide**, l'atmosphère » (Thiébaud- Sisson, 1926).

²⁵ En 1909, dans ses *Trois variations sur Claude Monet*, Louis Gillet décrit la manière de peindre de Monet comme « la force de réduire, de décomposer la lumière et le ton, de résoudre l'ombre elle-même en reflets colorés, à force de regarder toutes choses comme baignées, comme nageantes dans un **fluide aérien** » (Gillet, 1927, p. 12).

²⁶ Louis Gillet présente en 1924 les recherches de l'artiste Claude Monet ainsi : « les apparences revêtent les teints de la palette, non plus dans l'éclairage artificiel de l'atelier, mais plongées dans ce **fluide actif**, insaisissable qui circule autour de toutes choses, les noie, les modifie, dans ce bain d'atmosphère qui est l'élément merveilleux et respirable de la vie » (*Ibid.*, 1927, p. 52).

²⁷ Subtil signifie « délié, fin, menu (matière, vapeur, esprit, poudre, poussière, essence, émanation) ; fin (esprit, imagination, pensée, sens, interprétation, réponse, objection, réfutation, explication, raisonnement) ; qui s'échappe aisément ; qui se soustrait (animal) ; qui pénètre promptement (venin, fig. idée) ; imperceptible et très-actif (poison) » (Boiste, 1851, p. 683).

²⁸ L'action de « découler s'applique proprement aux liquides dont l'écoulement est perceptible et successif, tels que l'eau ; mais émaner concerne plutôt l'émission des **fluides subtils**, tels que la **lumière** » (Guizot, 1848, p. 231), tandis que la lumière représente un « **fluide subtil** qui rend les objets visibles, émane des astres et des corps en combustion, ou reçoit d'eux le mouvement » (Boiste, 1851, p. 437).

²⁹ Albert Aurier considère, dans ses *Textes critiques 1889-1892*, que pour les néo-impressionnistes (Pissarro par exemple), la fluidité était représentée par la « réelle lumière, claire et vibrante, cette glorieuse poudre de diamant, transparente et impalpable » (Aurier, 1995, p. 52), indispensable pour mettre en évidence les couleurs, les lignes, les formes : « Son rôle (celui du peintre) est de faire d'abord la joie de nos prunelles, et nous aurons le droit de ne point lui tenir compte de ses sentiments, de ses émotions et de sa poésie s'il ne sait les bien vêtir de ce somptueux manteau, la couleur, ni les baigner dans ce **fluide rutilant et féérique**, la lumière » (*Ibid.*, 1995, p. 52).

³⁰ « Nous voulons modeler l'atmosphère, dessiner les forces des objets, leurs influences réciproques, la forme unique de la continuité dans l'espace. Cette **matérialisation du fluide, de l'éthéré**, de l'impondérable; cette transposition dans le concret de ce qu'on pourrait appeler le nouvel infini biologique et que la fièvre de l'intuition illumine...» (Boccioni, 1975, p. 104).

La fluidité qui est associée à la mobilité et à la fugacité des objets se réfère à plusieurs éléments, tels que le contour³¹ et le dessin³², qui tendent à se dissoudre (devenant flous et oscillants³³ mais non inconsistants³⁴), la ligne, qui adoucit le dessin³⁵, la composition, qui réunit des lignes incurvées³⁶, et enfin, la technique³⁷, qui représente en fait le fondement pour l'ambiance restituée par une œuvre d'art. La technique implique plusieurs composantes, parmi lesquelles on peut retrouver la touche³⁸, la matière³⁹, la pâte⁴⁰, les couleurs⁴¹. La fluidité reliée à la fugacité

³¹ Par rapport à Léonard de Vinci, « on reconnaît en général un passage progressif du **tracé fluide**, volant, léger, dont témoigne la composition représentant Santa maris delle Neve, datée de 1473, vers des contours vaporeux, modulés par la lumière, tels qu'on les voit, par exemple, dans le célèbre Autoportrait (Venise, Academia) ou dans le Portrait d'Isabelle d'Este (Louvre) datant de la maturité de l'artiste » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 453).

³² Dans le dessin de Michel-Ange, qui se trouve aujourd'hui au Musée d'Oxford Ashmolean, « le trait à la plume est souple et irrégulier, dans l'intention de conserver à l'image dessinée **le fluide contour** léonardesque » (*Ibid.*, 2003, p. 539).

³³ Selon Frédéric Cousinié, la fluidité dans le dessin s'exprime par des traitements de la ligne de contour qui « s'affine, s'interrompt, se brise, **flue** et diverge en "bords fuyants", oscille en inflexions infinies, se démultiplie comme par tremblement, s'annule par estompage et s'ouvre à l'extérieur qui l'envahit » (Cousinie, 2013, p. 16).

³⁴ Thiébaud-Sisson considère que les nus et les portraits représentés dans les dessins de Dubreuil, Gromaire, Per Krogh ou de Pascin sont « **très fluides, mais non inconsistants** », ayant « une jolie grâce, claire et blonde, de couleur... » (Thiébaud-Sisson, 1926).

³⁵ La ligne de contour définie au-dessus est aussi associée à la « la ligne serpentine ou « ondoyante » [...] qui est destinée à altérer la géométrie et la matérialité du corps assimilé à une flamme, à une eau coulante, ou à un état aérien et comme suspendu » (Cousinie, 2013, p. 16).

³⁶ Dans les meilleures œuvres du peintre britannique Stubbs George (1724-1806) « où il rejoint les plus grands maîtres, **la composition fluide** présente des lignes doucement incurvées, malgré la tendance de l'artiste à considérer ses tableaux comme la juxtaposition de plusieurs parties et non comme un tout » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 815).

³⁷ Par rapport à la peinture religieuse de Lluís Borrassà (1360-1426), représentant du Gothique international en Catalogne : « La technique de Borrassa, **souple et fluide**, révèle une maîtrise alors exceptionnelle en Espagne » (*Ibid.*, 2003, p. 89).

³⁸ La fluidité de la touche est associée à la brillance, à la vibrance : par exemple, dans la technique du peintre italien Castello Valerio (1624-1659), « **sa touche, scintillante et fluide**, relâchée et frémissante [...] annonce celle d'un Magnasco, alors que son goût du mouvement et d'un clair-obscur évanescents, sa poétique font de lui un baroque du XVIII^e s. avant la lettre » (*Ibid.*, 2003, p. 140-141). Les paysages de la maturité du peintre néerlandais Hobbema Meindert (1638-1709) sont définis par « son réalisme minutieux, sa fidélité au motif, **sa touche fluide**, son coloris plus contrasté » (*Ibid.*, 2003, p. 374). La fluidité de la touche est aussi associée au mouvement impulsif : l'exemple du peintre autrichien (1724-1796) Maulbertsch Franz Anton, où la « **touche nerveuse et fluide**, juxtapose les tons pastel délicats, les harmonies très chaudes et la vibration éclatante du blanc et de l'outre-mer » (*Ibid.*, 2003, p. 529), ou à la liberté du dessin : l'exemple du peintre français Vien Joseph-Marie (1716-1809), qui « est aujourd'hui reconnue et son rôle à l'origine du mouvement néo-classique mieux étudié ; il est aussi apprécié pour ses esquisses, à **la touche libre et fluide** » (*Ibid.*, 2003, p. 902).

³⁹ La fluidité peut être retrouvée dans les œuvres cubistes de Georges Braque, dans ses natures mortes d'après-guerre, quand à partir de 1928 « la palette tend à s'éclaircir, **la matière**, étendue sur un support granuleux, **devient beaucoup plus fluide**, moins voluptueuse (La Mandoline bleue, 1930), et Braque s'attache surtout à exprimer la liberté d'une ligne flottante et continue avec un abandon qui rappelle très précisément le cubisme curvilinéaire de Picasso en 1923-1924 » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 99).

⁴⁰ Pour le peintre français Gustave Courbet (1819-1877), la fluidité est reliée à une uniformité des tons : « Courbet nuança sa palette par l'intervention de demi-teintes, évita les effets contrastés en adoucissant sa facture où apparurent des glacis dans une **pâte plus fluide** [...] » (*Ibid.*, 2003, p. 182). La fluidité est aussi présentée en opposition au clair-obscur par rapport au style du peintre italien Antonio Canal-Canaletto (1697-1768) : « Le changement du style est nettement visible [...] : l'empâtement gras de la période du clair-obscur est désormais remplacé par un autre plus fluide et plus étalé, qui donne à la scène une propreté d' "après la pluie" » (*Ibid.*, 2003, p. 125).

⁴¹ L'artiste américaine Helen Frankenthaler (New York, 1928) « continue de disposer sur ses toiles des combinaisons de signes calligraphiques, taches, traits, parfois empâtements et de longs plans de **couleurs fluides** (Salomé, 1978) » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 289), tandis que vers 1955, à la faveur de thèmes d'inspiration rustique (l'étable, l'enfant et l'agneau), le peintre français Paul Rebeyrolle (1926) « acquit un style plus souple, des parcours graphiques assez

et à la mobilité évoque aussi bien le mouvement⁴², l'espace⁴³, le fantastique et le démoniaque⁴⁴, que l'évanouissement, révélé par Ernest Chesneau à propos du *Boulevard des Capucines* de Claude Monet : « Jamais l'insaisissable, le fugitif, l'instantanéité du mouvement n'a été fixe dans sa prodigieuse fluidité, comme il est dans cette extraordinaire ébauche [...] vous approchez tout s'évanouit, il reste un chaos de raclure de palette indéchiffrable » (Trémolières, 2013, p. 39).

En ce qui concerne la technique, le terme « fluide » présente un double sens : il constitue l'effet d'une certaine technique, l'impression restituée par l'œuvre de l'art, mais parfois il constitue le moyen par lequel cet effet devient possible. La fluidité en arts plastiques, en tant que sensation et émotion, rend l'impression de légèreté, ou au contraire, de lourdeur. Le caractère léger, s'exprime par le terme *sfumato*⁴⁵, défini par « "la perspective atmosphérique", disparition ou raréfaction à nouveau de la ligne de contour, rejet de l'aplat homogène et dissolution tachiste des surfaces des objets (Titien, Rembrandt), décomposition de la forme par le clair-obscur, dilution et transparence du pigment (Rubens en partie) » (Cousinie, 2013, p. 17). A ce caractère léger nous pouvons ajouter le *glacis*, une couche de peinture ou de vernis légère et transparente, qui indique une des techniques utilisées pour interpréter la fluidité : « très fluide, le glacis intervient en couches minces et uniformes pour modifier la coloration et l'aspect des fonds sur lequel il est appliqué » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 330). Dans ce cas, le terme « fluide » constitue le moyen pour la réalisation du caractère léger.

incisifs équilibrant les taches d'une **couleur fluide et claire** » (*Ibid.*, 2003, p. 700). La fluidité est confondue avec la sensualité dans les « **couleurs sensuelles et fluides** de Titien » (*Ibid.*, 2003, p. 85), constitue la transition entre réel et rêve dans les œuvres de Jorn Asger (1914-1973) qui « évoqua à tous les niveaux de l'expérience, une poétique de l'échange entre le réel et le rêve, en souples balafres de **couleur fluide** » (*Ibid.*, 2003, p. 409) et matérialise la légèreté dans les tableaux de Charles Lacoste (1870-1959), « leur couleur est **fluide** et légère en sa blondeur presque évanescence » (René-Jean, 1936).

⁴² En 1927, Louis Gillet associe la fluidité au mouvement : « un air de **mouvement liquide**, de fluidité allongée qui se prête à miracle à cette lente ceinture, à cette zone de rêveries flottantes qui s'écoulent » (Gillet, 1927, p. 100-101). Par rapport aux futuristes et à son frère, Marcel Duchamp, le peintre français Jacques Villon (Gaston Duchamp, 1875-1963) traite le mouvement différemment : « à la suite des futuristes et de son frère Marcel Duchamp, Villon s'intéresse au **mouvement**, traduit d'une manière **plus fluide** et plus continue que celui des premiers et moins abstraite que celui du second » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 904).

⁴³ Le peintre français Olivier Debré (1920-1999) : « il évolua à partir de 1960 vers la conception **d'un espace beaucoup plus fluide**, résultat de sensations, d'impressions décantées à l'extrême et matérialisées seulement par la couleur, dont le champ privilégié, souvent monochrome, est rehaussé çà et là par quelques accidents » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 205).

⁴⁴ Pour le dessinateur et le graveur français Deux Fred (Paris 1924), la fluidité se rapporte à une nouvelle figuration, à la fois fantastique et démoniaque : « aux scènes figuratives, qui précèdent les années soixante, succèdent des **recherches graphiques plus fluides**, recueillant dans une trame très fine des frissons, des effets d'ombre, des croissances moléculaires que l'on retrouve dans les œuvres ultérieures (dans les années soixante-dix) au service d'une nouvelle figuration, à la fois fantastique et démoniaque » (*Ibid.*, 2003, p. 220).

⁴⁵ Selon Simonnet « l'air est doué d'une consistance que la couleur et un dessin subtilement défocalisé permettent de restituer. C'est ce qui motivera en partie la technique de sfumato, "manière de noyer les contours dans une vapeur légère" (Diderot) » (Simonnet, 2014, p. 168).

La fluidité, en tant que légèreté, est rapportée, par Eugène Fromentin, au peintre baroque flamand Rubens, qui « passe d'un enduit immense au trait plus délié, plus fluide, et toujours avec ce degré de consistance ou de légèreté, cette ampleur ou cette finesse qui conviennent au morceau qu'il traite, de telle sorte que la prodigalité et l'économie des pâtes sont affaire de convenance locale, que le poids ou l'extraordinaire légèreté de sa brosse sont aussi des moyens d'exprimer plus justement ce qui demande ou non qu'on y insiste » (Véron, 1878, p. 317). Pour les néo-impressionnistes, tel que Pissarro, le mouvement, la fragilité, l'éphémérité de la lumière, de l'atmosphère deviennent des expressions de la fluidité : « nul mieux que lui n'a exprimé cette existence vaporeuse faite de nuances, de fluidité, d'ondulations, de souffles, de pamoisons. [...] nul prisme ne saurait rendre la fluidité, les frôlements ou les épanouissements de la lumière avec autant de prestige que l'eau, cet élément qui devient, par le rayonnement de la clarté, un prisme composite et merveilleux » (Holl., 1927). La légèreté n'apparaît pas que dans la peinture⁴⁶, la gravure ou le dessin, mais aussi dans les autres domaines artistiques, tels que la joaillerie française du XIX^{ème} siècle (Rouvenat, Teterger, Fouquet, Lourdel, Fontenay, Massin) « qui sut [...] réaliser une flore inédite, en introduisant dans la texture des pétales d'élégantes arabesques⁴⁷ inconnues de la nature, et qui communiquaient à ses bouquets une légèreté, une fluidité, un charme sans pareils » (Havard, 1900).

Pour ce qui est du caractère lourd, il exprime le résultat d'une « représentation de la liquidité devenant inversement proportionnelle à sa matérialité et à son opacité réelle [...] qui réfute la transparence et la fluidité attendue au profit d'un durcissement quasi minéral » (Cousinie, 2013, p. 17). Cette fluidité lourde peut s'exprimer comme l'atmosphère, l'impression, étant associée aux différents sentiments : l'exemple de *Naufage de Don Juan* d'E. Delacroix où « les eaux glauques et lourdes, les bleus intenses, les verts profonds aux nuances illimitées, les tons orageux et roux, les mirages éblouissants de la voûte céleste et de l'Océan, tout cela n'est qu'un jeu pour la palette de Delacroix, qui en tire les effets les plus variés de passion, de tendresse, de colère ou de mélancolie » (Chesneau, 1883, p. 345)

De toute manière, la fluidité peut osciller entre légèreté et alourdissement, épaisseur ou pesanteur, comme les peintures de Paul Gervais (impressionniste avec une esthétique du romantisme) qui sont concentrées sur des qualités telles que « promptitude imaginative,

⁴⁶ Dans la peinture, la fluidité peut être considérée comme un « procédé de **peinture fluide** et lisse, sans consistance, sans épaisseur et manquant de corps » (Chesneau, 1883, p. 149).

⁴⁷ Les arabesques constituent aussi bien une matérialisation de la fluidité et de la légèreté qu'une expression de la liberté formelle d'inspiration naturelle de manière baroque ou rococo. Par exemple « la nouveauté de l'art de Tiepolo [le peintre italien Giambattista Tiepolo, 1696-1770], dès lors éloigné du clair-obscur de Piazzetta comme des **fluides arabesques du rococo** et caractérisé par une violence très personnelle dans la construction, un dynamisme audacieux de la composition » (Laclotte, Cuzin, 2003, p. 850).

intensité du style, légèreté des frottis, transparence des teintes, éclat du ton, éloquence et fraîcheur du langage, larges espaces où l'air circule, tout cela fluide, aisé, naturel, peint dans la pâte, avec plénitude, avec abondance, mais sans trop de fluidité cependant et sans trop d'épaisseur » (Thévenin, 1904).

Chorégraphie et scénographie

L'élément commun entre la danse et l'architecture est représenté par l'espace : son approche est considérée différemment du point de vue de la danse, en tant qu'espace mobile, et celui de l'architecture, en tant qu'espace statique⁴⁸. La « fluidité » tend à dissiper la limite entre les deux « types » d'espaces, car elle vise le mouvement et ses qualités. Selon Nathalie Schulmann, la définition de la fluidité dans le domaine de la danse est liée à l'« idée de continuité de déroulement, de progression sans à-coup »⁴⁹, donc le mouvement constitue la condition de l'existence de l'architecture en danse (la scénographie) et de la danse en architecture (la chorégraphie). La scénographie suppose la modélisation et la transformation de l'espace existant, par le biais d'éléments architecturaux ou de différents effets (la lumière, la fumée, etc.) selon la mise en scène. Dans ce cas, l'architecture est intégrée en danse. Par ailleurs, le rapport n'est pas unidirectionnel car la danse dépend aussi de l'espace architectural existant, et même s'il sera transformé selon la mise en scène, il conserve toujours un ensemble de caractéristiques qui influencent la danse. Donc, la chorégraphie, la danse suppose à la fois une conséquence de l'espace architectural donné et une force active, qui le transforme. Pour ce qui est de la chorégraphie, les expressions d'une danse fluide visent le mouvement gestuel⁵⁰, impliquant la

⁴⁸ Florence Corin explique dans l'Introduction du périodique *Nouvelles de danse*, intitulé *Danse et architecture*, que l'espace est différemment compris par les deux disciplines : la danse et l'architecture, « puisque l'une se construit sur la mobilité et le mouvement, tandis que l'autre fige ses conceptions spatiales, construit notre environnement. Mais toutes les deux concentrent dans leur travail spatial – qu'il soit mobile ou statique – la perception que nous avons de notre milieu, la représentation que nous nous faisons du monde et de son évolution » (Corin, 2000, p. 5).

⁴⁹ « Inspirée par l'image de la propagation d'une onde dans un liquide, la notion de fluidité recouvre l'idée de continuité de déroulement, de progression sans à-coup. Entre faire et laisser faire, elle met en jeu l'équilibrage, la conduite du poids et la régulation des tensions. [...] Le terme renvoie aussi bien à des considérations esthétiques (« fluidité d'une danse ») qu'à une aptitude (« fluidité d'un interprète »). Comme d'autres notions qualitatives, la fluidité reste difficilement objectivable, car intimement liée à la perception du mouvement dansé » (Le Moal, 1999, p. 576).

⁵⁰ En ce qui concerne la danseuse et chorégraphe américaine d'ascendance finlandaise Carolyn Carlson (née en 1943), Lisa Brunel admet que « Faite de **courbes fluides**, de cassures ou de savants ralentis, sa gestuelle trouve des moments magiques et des fantaisies imprévisibles » (*Ibid.*, 1999, p. 78). Quant à Katherine Dunham (danseuse, chorégraphe et pédagogue américaine, 1909-2006) Tommy Defrantz et Éliane Seguin considèrent que la « technique Dunham, codifiée au début des années 1940, intègre des **mouvements fluides** empruntés au classique à des éléments africains et caraïbes : flexibilité du torse, articulation précise et dissociée du bassin et des membres, opposition contrôlée de certaines parties du corps, complexité rythmique » (*Ibid.*, 1999, p. D-25). À propos de Mary Hinkson (danseuse américaine, née en 1930), Maria-Daniela Strouthou distingue « **la fluidité de son mouvement** » (*Ibid.*, 1999, p. H-88).

grâce et l'élégance⁵¹, la précision⁵² et l'équilibre⁵³, ou par contre, les contrastes et le déséquilibre⁵⁴.

La fluidité est caractérisée par le mouvement continu, étudié par Rudolph von Laban (1879-1958), le premier théoricien qui analyse le mouvement comme objet d'étude selon cinq critères d'observation : le corps, l'espace, le temps, le poids et le dynamisme. Il met en évidence l'aspect fondamental de l'espace par rapport au mouvement : « nous ne devons pas simplement considérer le lieu comme un espace vide distinct du mouvement, ni le mouvement uniquement en tant qu'événement occasionnel, car le mouvement est un flux continu à l'intérieur du lieu même, et c'est l'aspect fondamental de l'espace. L'espace est la caractéristique essentielle cachée du mouvement, et le mouvement est un aspect visible de l'espace » (Odenhal, 2000, p. 14). Si von Laban décrit le mouvement selon cinq critères, Nikolaïs Alwin (1910-1993), chorégraphe et pédagogue américain, figure essentielle de la danse moderne, estime que les qualités du mouvement sont déterminées en fonction des quatre éléments fondamentaux : espace, temps, motion et forme. La décentralisation et l'intelligence du mouvement incarnent les deux concepts essentiels dans sa philosophie et pour cette raison « il élargit les limites du corps dans l'espace grâce à divers tissus ou accessoires, puis, influencé par Einstein (relativité) et le sociologue Marshall McLuhan (médiat), il va imaginer un centre fluide, pouvant voyager dans le corps avec des changements très rapides » (Le Moal, 1999, p. N-185). Quoi qu'il en soit, le mouvement continu peut être évoqué pas seulement au niveau du mouvement corporel, mais

⁵¹ Irène Filiberti et Philippe Le Moal considèrent que la danse de Catherine Diverrès (danseuse et chorégraphe française née en 1959) « est duelle, soumise au doute, à la contradiction. Le mouvement est en tension vibratile ou nerveux, marqué de troubles, de ruptures d'où naissent de purs **moments de fluidité et de grâce** » (Le Moal, 1999, p. D-15). Selon Gérard Mannoni, dans l'œuvre du Jerome Robbins (J. Rabinowitz, danseur, chorégraphe, metteur en scène et directeur de compagnie américain, 1918-1998), « **le mouvement est fluide**, les portés souvent périlleux, l'élégance et le naturel sont omniprésents. [...] Le raffinement, l'invention, **l'énergie fluide** et irrésistible de son œuvre le placent au rang des très grands créateurs de l'histoire de la danse » (*Ibid.*, 1999, p. R-230). À propos de la danseuse russe Olga Spessivtseva, « sa légèreté, ses équilibres, **la grâce fluide de ses mouvements**, à laquelle se joignent l'intensité et la sensibilité de son jeu dramatique, en font l'incarnation idéale des héroïnes romantiques » (*Ibid.*, 1999, p. S-266). La signature de la chorégraphe Carolyn Carlson, selon Lisa Brunel, se retrouve dans « une **danse fluide, aérienne**, donnant une grande importance aux bras qui alternent courbes superbes et mouvements saccadés ou cassés » (*Ibid.*, 1999, p. 373).

⁵² Sally Gardner apprécie que la danse d'Eva Karczag (chorégraphe et pédagogue australienne d'origine hongroise née en 1950) est « **fluide et précise**, d'une merveilleuse aisance » (Le Moal, 1999, p. K-108).

⁵³ Le danseur et chorégraphe américain Hawkins Erick (1909-1994) « met au point une théorie normative de la danse et du mouvement fondée sur les notions d'équilibre entre faire et laisser-faire, tension et relâchement, valorisant **la fluidité et la coopération avec la gravité** » (*Ibid.*, 1999, p. H-81), tandis que pour José Arcadia (danseur, chorégraphe et pédagogue américain d'origine mexicaine, 1908-1972), « **la fluidité du mouvement** s'enrichit ainsi de contrastes dynamiques, d'attaques rapides, d'accentuations variables » (*Ibid.*, 1999, p. L-138).

⁵⁴ Dans la pièce *Factory* (1993), créée avec le plasticien Richard Deacon, Robbe Hervé (danseur et le chorégraphe français, né en 1961) met en évidence la « **fluidité des gestes**, corps en déséquilibre (qui) entraînent un sens paradoxal d'ancrage et de débordement, une conception du basculement » (Le Moal, 1999, p. R-230). La fluidité engendre des équilibres éphémères en ce qui concerne la technique de Marie Taglioni (danseuse italo-suédoise, 1804-1884), qui « est surtout l'une des premières à maîtriser les pointes, qu'elle met au service d'une esthétique de l'élévation avec **ses sauts fluides, ses équilibres fugaces** et ses ralentis » (*Ibid.*, 1999, p. T-380).

aussi au niveau des séquences dansantes, en réalisant ainsi la liaison avec les principes cinématographiques⁵⁵.

En danse, la fluidité indique la liberté du mouvement corporel, qui ressemble aux gestes sans contraintes mais qui en réalité cache une rigueur et une précision très bien étudiée au préalable. Cette idée constitue le deuxième élément commun entre les deux disciplines et la raison pour laquelle nous avons choisi de présenter la fluidité en danse : elle peut se retrouver d'une manière similaire en architecture. Un concept architectural construit, qui est caractérisé par une apparente liberté formelle, implique également l'exactitude, la logique et la rationalité d'un projet technique.

L'imbrication de l'architecture et de la danse se concrétise autour de la scénographie. Celle-ci importe les notions d'espace et de mouvement de la chorégraphie, les métamorphose et les rend palpables. Pour les chorégraphes comme Frédéric Flamand, une préoccupation majeure est incarnée par la représentation enchevêtrée de la danse, du spectacle et de l'architecture. Sa collaboration avec des architectes (Zaha Hadid, Jean Nouvel ou Dominique Perrault) tend « à fluidifier les limites de l'espace scénique, à libérer l'espace des contraintes de la construction [...] d'oublier la pesanteur pour aboutir à "faire danser l'espace" » (Corin, 2000, p. 8). Selon lui, l'entropie n'est pas « une chute vers le chaos, [...] mais bien comme la faculté de considérer la ville dans son énormité, comme un organisme vivant, une gigantesque amibe » (Bastin, 2000, p. 168). Concernant la collaboration avec Frédéric Flamand pour le Metapolis Projet 972 (en 1999-2000), le bureau de Zaha Hadid a été intéressé par la « façon dont la chorégraphie exprime le mouvement, comment elle en restitue la topographie » (*Ibid.*, 2000, p. 176) et aussi par le « moyen de traduire les mouvements des danseurs en une calligraphie spatiale » (*Ibid.*, 2000, p. 176).

Entre danse et architecture, il existe une relation de réciprocité, c'est-à-dire que ce n'est pas seulement le mouvement corporel qui influence la scénographie et l'architecture en général, mais l'espace agit aussi sur le corps. La chorégraphe et l'architecte Lucia Latour explique que « l'architecture contemporaine ne conçoit plus l'individu comme le sujet immobile et stable d'un lieu déterminé, mais comme un sujet actif et dynamique appelé à intervenir dans la réalisation de l'œuvre architecturale. [...] Du même que dans l'architecture contemporaine, l'organisation de l'espace s'élabore à partir des fonctions mathématiques qui, par le biais de l'informatique,

⁵⁵ Éliane Seguin considère que la mise en scène de « Dreamgirls » par Michael Bennett (chorégraphe, directeur de théâtre, scénariste et danseur, 1943-1987) « porte l'accent sur la **fluidité, chaque scène se fondant l'une dans l'autre dans un mouvement continu** propre à son style cinématique particulier » (Le Moal, 1999, p. 379).

régissent la "conjonction", la "séparation", "l'accrochage" ou les "déformations", ainsi le corps pourra incorporer des techniques et des tensions créatives provenant de son extension virtuelle » (Latour, 2000, p. 194). Ce point de vue restera très important pour la définition de la « fluidité architecturale » car il amène l'idée que le corps (l'homme) peut être aussi « activé » par l'espace et l'architecture et pas seulement l'inverse.

Cinéma

L'approche de la fluidité dans le domaine du cinéma constitue un élément marquant pour définir la fluidité architecturale car le cinéma ramène l'illustration du mouvement dans une dimension temporelle, cette illustration étant la représentation la plus fidèle du rapport entre la matière et l'énergie, le stable et le fluctuant, le solide et le fluide. Quant à la définition de la fluidité, le cinéma devient même plus important que la chorégraphie, car il capture les mouvements et les moments chorégraphiques, étant en mesure de restaurer aussi bien la variante originale que plusieurs variantes modifiées (le changement du montage).

En cinéma, la fluidité peut être associée aussi bien à la représentation de l'eau, qu'au style⁵⁶, à la mise en scène⁵⁷, au graphisme⁵⁸, au mouvement⁵⁹, au montage⁶⁰ ou au travail de la caméra⁶¹.

⁵⁶ Le cinéaste américain Robert Altman (1925-2006) « réalise un film d'après une de ses productions (Reviens, Jimmy Dean, reviens), où il dynamise l'espace, survolte ses comédiennes, atteint à une **fluidité de style** faisant ainsi oublier l'origine scénique de l'œuvre » (Passek, Ciment, Cluny, et al., 2001c, p. 29). Quant au cinéaste français Jacques Becker (1906 - 1960), son « **style est fluide**, la caméra épouse le rythme de l'émotion (dans la séquence de la guinguette, par exemple, ou au bord de la Marne), les comédiens sont portés par cet état de grâce que Simone Signoret, éternelle Casque d'or, évoque dans ses souvenirs » (*Ibid.*, 2001c, p. 115). Si on considère l'œuvre du cinéaste américain Joseph Losey (1909-1984), « on trouve bien une certaine théâtralité dans l'œuvre de Losey, mais elle est fondue dans un style d'une remarquable **fluidité** » (*Ibid.*, 2001c, p. 810).

⁵⁷ En ce qui concerne Juan Ramon (Montxo) Armendariz (cinéaste espagnol, né en 1949), la « pudeur devant des personnages au bord de la marginalité, **mise en scène** économe et **fluide**, avec une caméra souvent en mouvement, caractérisent encore 27 heures (27 horas, 1986) et Lettres d'Alou (Les cartas de Alou, 1990) » (*Ibid.*, 2001c, p. 64). Pour Jasset (cinéaste français, Victorin Hippolyte, 1862-1913), « ce qui subsiste de son œuvre permet d'affirmer qu'il fut l'un des plus "artistes" parmi les pionniers du cinéma : son sens du paysage, **la fluidité de sa mise en scène**, sa direction d'acteurs très sobre pour l'époque le font regarder parfois comme le précurseur du "réalisme poétique" » (*Ibid.*, 2001c, p. 697).

⁵⁸ Dans les animations du Frédéric Back (cinéaste canadien, 1924-2013), « **son graphisme**, d'une grande élégance et d'une rare fraîcheur, **gagne en fluidité**. [...] Le style de Frédéric Back, dès lors, se caractérise par une modification constante de l'image tout entière et par une très grande fluidité de la lumière » (*Ibid.*, 2001c, p. 89).

⁵⁹ Par rapport au cinéma d'animation chinois : « Graphisme, chromatisme et **fluidité du mouvement** sont des grandes qualités » (*Ibid.*, 2001c, p. 45).

⁶⁰ « Employant systématiquement la couleur et **le montage fluide** (raccordant les plans dans les mouvements et les filés) », Stanley Brakhage (cinéaste expérimental américain, 1933-2003) « élabore ainsi The Wonder Ring (1955), filmé pour Joseph Cornell, Nightcats (1956) et Loving (1958), qui précèdent le remarquable Anticipation of the Night (id.) » (*Ibid.*, 2001c, p. 167).

⁶¹ Si l'œuvre du Jacques Deray (cinéaste français, 1929-2003) est caractérisée par « la perfection du découpage, **la fluidité du travail de la caméra**, la précision de la direction d'acteurs confèrent à des schèmes classiques (policier, adultère, espionnage) une qualité d'émotion, affective et esthétique, une dimension fantastique qui ont parfois permis de citer le nom de Preminger pour définir l'équivalence de son art » (*Ibid.*, 2001c, p. 367), celle du Stanley

Concernant le cinéma français des années 1920 (l'école française), le « [...] "goût" de réalisateurs importants comme Jean Epstein, Marcel L'Herbier, Jean Grémillon ou Jean Renoir, entre autres, ne se limitait pas aux représentations de l'eau - la tempête, le canal, la pluie, la brume, etc. -, mais qu'il relevait bien plus profondément, et bien plus essentiellement, d'un type de perception reposant sur le modèle formel et structurel de la fluidité » (Thouvenel, 2013, p. 79). C'est-à-dire il existe une certaine perception, qui est définie par Deleuze comme la « perception liquide »⁶², « qui permet de penser l'image filmique et son mode de fonctionnement en termes de texture, de rapport à la matière, de perception renouvelée de l'espace et du temps » (*Ibid.*, 2013, p. 79). Deleuze introduit aussi le terme "reume" (ou rheume)⁶³ qui renvoie « à une image qui devenait liquide, et qui passait à travers ou sous le cadre. La conscience-caméra devenait un reume, parce qu'elle s'actualisait dans une perception fluente et atteignait ainsi à une détermination matérielle, à une matière-écoulement » (Deleuze, 1983, p. 116). Donc, l'idée de la fluidité est plutôt définie en cinéma par rapport à la perception qu'à la représentation des éléments naturels. Il existe une tendance qui considère que la fluidité correspond à la continuité car l'image filmique est fluide et fluente, mais « d'une part, elle ne l'est qu'au niveau de la perception et non du mécanisme de production ou de projection des images (le continu du monde est transformé en discontinu des images, puis transformé à nouveau en continuité de perception) ; et d'autre part, fluidité ne signifie pas nécessairement continuité ou uniformité, mais elle est bien davantage synonyme de métamorphose, de variabilité, de transformation et [...] la fluidité implique surtout la propension de la matière à faire retour, à se désigner elle-même dans l'acte de vision, en dépit de la transformation des formes » (Thouvenel, 2013, p. 83).

Pour ce qui est des notions de « fluide » et « fluidité » en général, nous ne pouvons pas considérer seulement la « perception liquide » de Deleuze, mais nous devons aussi prendre en compte sa « perception gazeuse »⁶⁴. Celle-ci se réfère à la notion d'intervalle, qui « désigne maintenant le point où le mouvement s'arrête, et, s'arrêtant, va pouvoir s'inverser, s'accélérer, se ralentir [...] s'il appartient au cinéma, c'est parce qu'il est l'élément génétique de l'image, ou

Donen (cinéaste américain, né en 1924) *présente d'*« amples **mouvements de caméra très fluides** ou, au contraire, un montage très serré, presque haché, [qui] lui ont permis de suivre la partition musicale et la chorégraphie sans jamais être pris de court » (*Ibid.*, 2001c, p. 392).

⁶² Deleuze caractérise l'expression de l'eau comme l'« exigence esthétique abstraite, exigence documentaire sociale, exigence narrative dramatique » (Deleuze, 1983, p. 112) de l'école française, car « c'est d'abord que l'eau est le milieu par excellence où l'on peut extraire le mouvement de la chose mue, ou la mobilité du mouvement lui-même : d'où l'importance optique et sonore de l'eau dans les recherches rythmiques » (*Ibid.*, 1983, p. 112).

⁶³ Le terme est consacré par Deleuze pour « désigner, non pas un caractère général du plan, mais un signe spécial de l'image-perception » (*Ibid.*, 1983, p. 116).

⁶⁴ Si la « perception liquide » a été associée à l'école française, la « perception gazeuse » est associée au cinéaste soviétique Dziga Vertov (1896-1954).

l'élément différentiel du mouvement [...] Il est la vibration, la sollicitation élémentaire dont le mouvement se compose à chaque instant » (*Ibid.*, 1983, p. 120). La différence entre les deux consiste au fait que l'image liquide (privilegiée par l'école française) met en évidence « la perception humaine qui dépassait ses propres limites, et que le mouvement découvrait la totalité spirituelle qu'il exprimait » (*Ibid.*, 1983, p. 121), tandis que pour Vertov, « l'image liquide est encore insuffisante, et n'atteint pas au grain de la matière » (*Ibid.*, 1983, p. 121). Plus précisément, « si l'on part d'un état solide où les molécules ne sont pas libres de se déplacer [...], on passe ensuite à un état liquide, où les molécules se déplacent et glissent les unes entre les autres, mais on arrive enfin à un état gazeux, défini par le libre parcours de chaque molécule. Peut-être fallait-il aller jusque-là selon Vertov, le grain de la matière ou la perception gazeuse, au-delà de l'écoulement » (*Ibid.*, 1983, p. 121).

La continuité s'exprime au-delà de l'uniformité et de la monotonie, constituant la première condition pour que le mouvement existe : elle est caractérisée par instabilité et inconstance, d'autant que la métamorphose, la variabilité et la transformation supposent toujours sa présence⁶⁵. Selon Jean Epstein, « le cinématographe représente l'univers comme une continuité perpétuellement et partout mobile, bien plus continue, plus fluide et plus agile que la continuité directement sensible. Héraclite n'avait pas imaginé une telle instabilité de tout, une telle inconsistance des catégories qui s'écoulent les unes dans les autres, une telle fuite de la matière qui court, insaisissable, de forme en forme » (Epstein, 1974, p. 323). Epstein considère le mouvement et sa reproduction, « dans l'intégralité de sa nature, dans la continuité de son évolution » (Epstein, 1975b, p. 70-71), les éléments principaux du cinéma. Il explique que le progrès technique ramène la représentation du mouvement parmi les tendances artistiques des années 1920, comme la littérature⁶⁶ et les arts plastiques (peinture⁶⁷, sculpture⁶⁸, dessin⁶⁹).

⁶⁵ Jean Epstein explique la relation entre le mouvement et la fluidité, aussi que le changement du statut du solide : « de la façon la plus générale, grâce à la photogénie du mouvement, le cinématographe nous montre que la forme n'est que l'état précaire d'une mobilité fondamentale, et que, le mouvement étant universel et variablement variable, **toute forme est inconstante, inconsistante, fluide**. Le solide se trouve tout à coup menacé dans sa suprématie ; il ne représente plus qu'un genre particulier d'apparences propres aux systèmes d'ordinaire expérience et d'échelle humaine, qui sont à mouvement constant ou faiblement et uniformément varié. **La fluidité, réalité de l'expérience cinématographique**, est aussi la réalité de la conception scientifique, qui voit, en toute substance, une structure gazeuse » (Epstein, 1974, p. 404).

⁶⁶ La littérature « fit de son mieux pour s'accélérer, abrégeant ses narrations, adoptant le style télégraphique et parlé, multipliant les contractions, les raccourcis, les ellipses, obligeant l'écriture à une sténographie qui suivait à la course la pensée la plus rapide » (Epstein, 1975b, p. 50-51).

⁶⁷ En ce qui concerne la peinture, « le cubisme et ses succédanés proposèrent une figuration projective de l'objet, sur plusieurs plans et sous plusieurs angles différents. Cette perspective complexe, résultat supposé de déplacements du point de vue pictural, devait éveiller une impression de mouvement dans l'esprit du spectateur, invité à se déplacer aussi en imagination » (*Ibid.*, 1975b, p. 50-51).

⁶⁸ La sculpture, « ne pouvant vraiment pas **modeler dans le fluide, inventa le flou** qui donnait au moins une certaine impression d'inconsistance. On vit des mains, des seins, des masques à demi émergés d'une vague de lourde écume, dont ils semblaient laits, mais pour un instant seulement, prêts à se renvoyer dans cette houle de marbre » (*Ibid.*, 1975b, p. 50-51).

Mais, l'impossibilité d'interpréter le mouvement par des moyens statiques impose « un support mobile et comme fluide, dans lequel cependant on pût imprimer le mouvement d'une forme et qui conservât intacte cette forme de mouvement, pour pouvoir la répéter indéfiniment ; l'impossibilité d'intégrer toutes les apparences fragmentaires et comme immobiles d'une mobilité, dans la continuité de leur évolution, reconstituée par quelque système, quelque calcul, d'art intégral » (*Ibid.*, 1975b, p. 50-51).

Avant que Gilles Deleuze imagine la « perception liquide » et la « perception gazeuse », Jean Epstein parle de la « logique liquide » en cinéma. Même si « nous apprécions toujours particulièrement les constructions les plus résistantes, les matières les plus dures, les mesures indéformables, les caractères opiniâtres, les divinités et les idéaux immuables. Nous méprisons la fragilité, la mollesse et l'inconstance. Ce n'est pas seulement notre pratique empirique et notre science, c'est aussi notre religion, notre philosophie et notre morale, qui ont été d'abord conçues selon la primauté de l'élément solide » (*Ibid.*, 1975b, p. 210), la logique liquide suppose que « le regard de l'objectif, lui et de lui-même, obéissant à sa loi organique, perçoit et nous représente les aspects mobiles de l'univers, y insiste, les favorise, avec une prédilection qui va jusqu'à transmuter les éléments stables en instables, les solides en fluides » (*Ibid.*, 1975b, p. 212). Epstein définit l'espace cinématographique, différent de l'espace euclidien comme « un espace en mouvement ou, pour mieux dire, un espace suscité, non plus, comme l'espace euclidien, par des positions bien déterminées de solides aux formes stables, mais par des déplacements mal définis de spectres qui sont mobiles aussi dans leur forme et qui se comportent comme des fluides » (*Ibid.*, 1975b, p. 214).

La définition de la fluidité en cinéma est d'une importance majeure en architecture, pour comprendre l'expression du mouvement et de la continuité, mais aussi bien pour découvrir celle de l'instabilité. Pour apprécier mieux l'analogie entre la mécanique des fluides, l'oxymore « fluidité architecturale » et l'instabilité, nous remettons en question l'idée des milieux granulaires, présente dans la « logique liquide » d'Epstein afin d'indiquer la nécessité d'une nouvelle géométrie : « Euclide, dit-on, traçait ses figures sur le sable des plages d'Alexandrie, et il ne se souciait pas de ce qu'un coup de vent suffit à fausser les théorèmes. Cependant, à un monde qui est foncièrement animé, comme l'est l'image de l'écran, il faut aussi une sorte de géométrie, qui soit valable sur le sable mouvant. Et cette géométrie de l'instable commande une

⁶⁹ « Les dessinateurs se mirent à copier, comme symboles de mouvement, les défauts des instantanés, à l'extrême limite de la capacité photographique d'intercepter l'apparence d'une particule quasi immobile d'une mobilité. Cela fit, en pointillé ou en trait tremblé, des images d'autos allongées, pourvues de traînées de hachures, avec des roues aplaties en ellipses » (*Ibid.*, 1975b, p. 50-51).

logique, une philosophie, un bon sens, une religion, une esthétique fondés sur l'instabilité » (*Ibid.*, 1975b, p. 215).

Selon Térésa Faucon, l'analogie entre la mécanique (des solides et des fluides) et le cinéma est concentrée sur la question de l'énergie. Chaque modèle mécanique choisie comme modèle analogique caractérise d'une certaine manière le cinéma : « d'une part, la mécanique des solides permettra d'aborder les problèmes de liaison et d'articulation avec entre autres la notion de degré de liberté qui considère autant le fonctionnement que le dysfonctionnement des systèmes mécaniques. La description des phénomènes fluides et ondulatoires s'attachera aux transmutations. Leur cinétisme, auquel le cinéma a toujours été attentif, sensibilisera par exemple notre regard à des figures hydrauliques ou à des manifestations plus complexes d'induction » (Faucon, 2013e, p. 31). Pour ce qui est de l'expression de la mécanique des solides rapportée au cinéma, Térésa Faucon explique que « le modèle mécanique donne une définition simple du montage cinématographique : mise bout à bout, empilement, accumulation, emboîtement, enchaînement d'éléments réalisés grâce à des raccords ou points de liaison. » (*Ibid.*, 2013e, p. 53). Si la mécanique des solides vise les liaisons rigides ou élastique, complète ou partielle, démontable ou non démontable, « le modèle de la mécanique des fluides est essentiel en ce qu'il offre une extension de la mécanique rationnelle à une classe de milieux continus exposés à de fortes déformations. On désigne en effet sous le nom général de fluides des corps matériels, gaz, liquides et plasmas, qui peuvent se mettre sous une forme quelconque lorsqu'ils sont soumis à un système de forces. » (*Ibid.*, 2013e, p. 139). Les notions de la mécanique des fluides « traduites » en cinéma se réfèrent à la transition de phase⁷⁰, à la rhéologie⁷¹, à la densité du flux⁷², à l'écoulement⁷³ et à la diffusion⁷³, à la turbulence⁷⁴, à l'instabilité et à la géométrie de l'instable⁷⁵ ou au rapport matière-énergie⁷⁶.

⁷⁰ « Jean Epstein, dont la pensée permet d'articuler avec pertinence proposition théorique et analyse filmique, a commenté les changements d'état de la matière (de l'ordre de la sublimation, de la condensation, de la déliquescence ou de la viscosité), que réalise le cinéma grâce à l'accélération ou au ralenti » (Faucon, 2013e, p. 152).

⁷¹ « Science exacte pour la mécanique, la rhéologie inspirera notre approche des transformations de figures, des forces d'action et d'échanges des fluides et des transferts d'énergie, de l'écoulement aux « points de contact » (selon le terme mécanique, changements de plan pour le film) » (*Ibid.*, 2013e, p. 153).

⁷² Térésa Faucon considère qu'un exemple de flux est « la charge des bisons dans La Conquête de l'Ouest (épisode réalisé par Henry Hathaway, 1962). Le troupeau déboule du haut d'une colline et coule à gueule de bée jusqu'au campement des pionniers installant le chemin de fer. On parle sans hésiter de la traversée d'un fluide à forte densité et à forte pression. Sa composition et les déformations subies rappellent plutôt les propriétés des liquides. [...] Avec cet exemple, nous avons relevé deux points essentiels dans la compréhension des fluides cinématographiques : les forces de pression du fluide que le montage peut faire varier [...] et le degré de densité qu'exacerbe le cadrage » (*Ibid.*, 2013e, p. 169-170).

⁷³ La diffusion diffère des gaz aux liquides, ainsi que « selon leur nature, les fluides témoignent soit d'une miscibilité soit d'une tension interfaciale. Ainsi les gaz diffusent facilement les uns avec les autres alors que certains liquides, de densités différentes, ont plutôt tendance à se superposer par couches » (*Ibid.*, 2013e, p. 174).

⁷⁴ « Le premier modèle mécanique avec la croissance des degrés de liberté avait déjà permis d'envisager un basculement du système vers l'entropie. Le second modèle a aussi donné une vision de ces phénomènes turbulents. Les écoulements fluides offrent par exemple les images les plus courantes avec rafales de vent et tourbillons d'un

Nous observons que l'analogie représente le moteur de l'analyse aussi bien dans le cas du montage cinématographique que dans celui de la « fluidité architecturale », d'autant que les modèles analogiques choisis coïncident presque. Les notions reliées aux fluides et à la fluidité, présentes en cinéma, se retrouvent aussi dans le discours architectural, avec des interprétations assez différentes selon l'esprit du temps et la technique de construction.

1.1.c) En architecture

La définition et la compréhension de la fluidité a été révélée dans plusieurs domaines (scientifiques et artistiques), tels que la physique, la peinture et le dessin, la chorégraphie et la scénographie, le cinéma. Le résultat de cette démarche s'exprime maintenant par l'exploration des expressions architecturales fluides.

À travers l'histoire de l'architecture, la fluidité a été associée à la forme, à l'espace, à la transparence⁷⁷, au matériau⁷⁸, à l'architecture liquide⁷⁹, à l'élégance architecturale⁸⁰ ou à l'*eurythmia* et à la *symmetria*⁸¹. Nous considérons que la forme et l'espace constituent les éléments principaux afin de définir les expressions architecturales fluides, donc nous expliquons plus détaillé leur lien avec la fluidité. En ce qui concerne la forme, en 1888, Heinrich Wölfflin met

torrent. Le travail des coupes peut favoriser le passage d'un état stable à un état chaotique. La turbulence est un lieu de mutation privilégié dont le montage propose des formes » (*Ibid.*, 2013e, p. 196).

⁷⁵ « Fluides et ondes rappellent que dans le monde des images, comme le vent ou les nuages, " le temps est entré comme une perturbation météorologique ". La forme toujours changeante (le grain apparu, la " floculation mouvante de toute surface ") est son véhicule. [...] l'analogie avec les fluides se manifestant dans l'image est un moyen de former l'œil aux phénomènes énergétiques difficilement appréhendables » (*Ibid.*, 2013e, p. 212).

⁷⁶ « Le montage serait donc moins une affaire de plans, de coupes, que de vibrations et d'énergie c'est-à-dire un processus modelant et composant la matière imageante » (*Ibid.*, 2013e, p. 217).

⁷⁷ Toyo Ito considère que « le mouvement et la forme sont réunies par la fluidité, et la fluidité est toujours le transcluide tendant vers la transparence » (Maffei, 2002, p. 346).

⁷⁸ Laurent Baridon relie la question de la fluidité des matériaux à celle de l'architecture : « La **fluidité du matériau**, d'ailleurs temporaire, est-elle un des critères de la fluidité architecturale ? Borromini a donné l'apparence de la souplesse à ces façades ondulantes, mais la pierre, même traitée comme une peau appelant le toucher, est avant tout compacte et dure » (Castanet, Cousinie, Fontaine, 2013b, p. 195).

⁷⁹ En 1991, Marcos Novak définit « l'architecture liquide », qui est une architecture vivante, caractérisée par la continuité et l'évolution espace-temps : « Liquid architecture is more than kinetic architecture, robotic architecture, an architecture of fixed parts and variable links. Liquid architecture is an architecture that breathes, pulses, leaps as one form and lands as another. [...] A work of liquid architecture is no longer a single edifice, but a continuum of edifices, smoothly or rhythmically evolving in both space and time » (Novak, 1992).

⁸⁰ Selon l'architecte Hani Rashid, cofondateur de l'agence Asymptote, « [the] elegance constituted of mathematical determinants, figurative ambiguity and informational effects are but a few of these new-found orders. Such new notions of elegance exploit today's conditions of fluidity and flux, seamlessness and the resulting abstractions of form and figure that are surfacing from many places within architectural theory and production » (Rashid, 2007, p. 78).

⁸¹ Selon Patrice Ceccarini « on peut sérieusement penser que la notion de fluidité se retrouve aussi dans les notions *eurythmia* et *symmetria*. [...] *eurythmia*, en réalité, est un ensemble d'effets dynamiques et fluides, liés à la mise en résonance continue des propriétés physiques et morphologiques d'un édifice (ou d'un organisme) en relation à la perception entendue en son sens large. Quant au terme *symmetria*, il s'agit de l'harmonie, de la concordance, mais mieux encore, de la juste et parfaite conformation/adéquation des parties de l'œuvre, les unes en rapport aux autres » (Castanet, Cousinie, Fontaine, 2013b, p. 208-209).

en relation la fluidité avec la matière et la masse de l'architecture baroque⁸² et avec les lignes qui définissent le profil architectural⁸³. En 1950, selon Frédéric Kiesler, dans *Endless House and its Psychological Lighting*, sa "maison sans fin" est composée de formes fluides⁸⁴, tandis qu'en 2003, la question de formes fluides se pose à propos des "blobs", qui sont considérées comme de nouvelles formes dans le paysage architectural⁸⁵. Kengo Kuma considère que la forme fluide est le résultat de l'évolution de l'architecture vers l'état d'imperfection, grâce au support technologique⁸⁶. En respectant l'essence des choses vivantes, le flux⁸⁷, il évoque « l'architecture respectueuse du flux » qui « évoluera vers une forme fluide ou, en d'autres termes, qu'elle "métabolisera avec le temps tandis qu'elle contrôle le flux" » (Kuma, 2011c, p. 7).

Concernant l'espace, il a été interprété soit comme "flowing space", à propos des œuvres de Mies van der Rohe⁸⁸, soit comme dynamisme et liberté⁸⁹, en engendrant des "open limits"⁹⁰. Selon l'architecte Massimo Iosa Ghini, « l'espace fluide évoque le dynamisme dans un mouvement d'Héraclite incessant [...] où la vie se forme et se transforme dans son évolution éternelle sans solutions de continuité. Riche de facettes, simple et métabolique, ce lieu renvoie

⁸² « La matière se ramollissant, la masse devenant pour ainsi dire fluide, le rapport tectonique se dissout et le caractère massif que le style baroque exprimait par une mise en forme large et lourde, se manifeste aussi maintenant dans le manque d'ordonnance, dans le manque de mise en forme exacte » (Wölfflin, 1997, p. 66).

⁸³ « Dans le dessin du profil architectural on s'attache tout particulièrement à la fluidité et à la mollesse des lignes. En même temps les parties prises une à une ne se distinguent plus nettement les uns des autres, mais se confondent. On évite entièrement l'angle droit » (*Ibid.*, 1997, p. 68).

⁸⁴ Kiesler explique dans son article « Endless House and its Psychological Lighting » de la revue *Interiors*, (novembre/1950) que « la construction-coque aux formes fluides de la Endless House n'est ni une chimère sculpturale ni l'imitation d'un œuf. La forme sphéroïdale dérive de la dynamique sociale de deux ou trois générations vivant sous un même toit » (Sonzogni, 2003, p. 50).

⁸⁵ Dans l'Editorial de *L'Architecture d'Aujourd'hui*, Alex Sowa considère que les formes fluides représentées par « les « blobs », les bulles, et bien d'autres formes sans nom, ont, depuis une dizaine d'années, envahi la scène architecturale[...] Comme le phénomène perdure, plusieurs questions s'imposent : ces formes fluides et continues sont-elles nouvelles ? Par quels moyens et à quel prix peut-on produire ces bulles et blobs ? Vont-ils se propager irrésistiblement ? » (Sowa, 2003, p. 46).

⁸⁶ « La plupart des gens croient que la technologie est orientée vers l'obtention de la perfection, mais en fait, mon souhait c'est que la technologie évolue là où se trouve l'imperfection » (Kuma, 2011c, p. 7).

⁸⁷ Selon les biologistes, comme Shinichi Fukuoka, « l'essence des choses vivantes n'est pas le fait qu'elles soient liquides, mais le fait qu'elles fluent » (*Ibid.*, 2011c, p. 3).

⁸⁸ À propos du projet pour une salle de concerts, en 1943, de Mies van der Rohe : « Dans ce projet, le concept de "flowing space" exprimé une première fois dans le fameux projet d'habitation en brique 1921, repris dans le Pavillon de Barcelone, prend une nouvelle ampleur : structure extrêmement légère laissant une entière liberté de volumes et dans toutes les directions » (Blake, 1958, p. 27).

⁸⁹ À propos du projet pour l'Église de l'autoroute du soleil près de Florence, selon Dezzi Bardeschi « **l'espace est fluide et dynamique**. Je ne crois pas qu'il existe d'architecture moderne qui atteigne ce degré de liberté et d'imagination [...]. Le mouvement interne de l'espace est à la fois ascensionnel et descendant » (Bardeschi, 1964). Selon Patrick Barrès, « les architectes engagés dans des **recherches d'espaces fluides** adoptent cette ligne de fond plasticienne qui "libère la peinture de la vision" et "défait le lien de la main et de l'oeil", comme l'exprimait Roland Barthes en 1979 à l'étude de l'œuvre graphique de Cy Twombly, à la recherche de nouvelles voies signifiantes » (Barrès, 2007, p. 57).

⁹⁰ Pour Claude Parent, « l'espace redevient ce qu'il était : l'unité des flux et des forces en mouvement. En sortant des habitudes orthogonales de la pensée, on s'ouvre à la fluidité. Se laver à l'eau, comme se laver à l'eau, se laisser emporter par la fluidité, ne plus se heurter à la solidité des choses et des obstacles. Quelle expérience de sa fluidité tenir dans un **espace fluide**. On s'y ouvre non pas pour se laisser anéantir par les flux mais pour se réinventer. On s'y ouvre mais à la fois on trace des limites : des open limits » (Cattant, Mahdalickova, Parent, 2013, p. 94).

davantage à l'idée vitale d'un organisme qu'à celle d'une machine rationnelle » (Vitta, 2004, p. 74).

La fluidité et l'architecture ne sont pas reliées seulement dans l'architecture contemporaine. Henri Gaudin associe la fluidité au Moyen Âge : « [...] L'architecture au Moyen Âge use de segmentarités, rend positives les distances, poreux l'espace, perméables les frontières, l'emplît des circonvolutions de l'initiale, opère par le fractionnement du construit. Le vieux pont stratifie des flux, inverse les termes du plein et du vide, superpose des empâtements à des fluidités, fait alterner protrusions et invaginations, mêle le sporadique (baragues)

au permanent (les arches), mélange les genres (monumental, familial) » (Gaudin, 1984, p. 62). Après que Heinrich Wölfflin met en relation la masse architecturale baroque et la fluidité, Robert Venturi se réfère au plan de

l'église baroque Saint-Charles-des-Quatre-Fontaines comme le produit de la fluidité des murs : « the fluid continuity of the walls indicates a distorted circular plan » (Venturi, 1992, p. 28). En ce qui concerne la diversité de la fluidité architecturale, l'Art Nouveau a emprunté des éléments baroques : « si nous nous limitons au cas de van de Velde, nous nous apercevons que, malgré son aversion pour le baroque, son architecture n'est pas totalement exempte d'éléments baroques. [...] la fluidité des articulations entre les différentes pièces de l'habitation, le recours systématique à des différences de niveau et la tendance constante à modeler plastiquement les volumes extérieurs » (Hammacher, 1967, p. 142). Pour ce qui est du modernisme, Toyo Ito exprime la fluidité par rapport au pavillon de Mies van der Rohe à Barcelone (1928-1929) en termes d'espace : « Nowhere else do we find a space filled with such "fluidity" [...] The infinite fluidity we sense in the pavilion must arise from the translucent, liquid-like space. What we experience here is not the flow of air but the sense of wandering and drifting gently underwater » (Ito, 2011, p. 115-116).

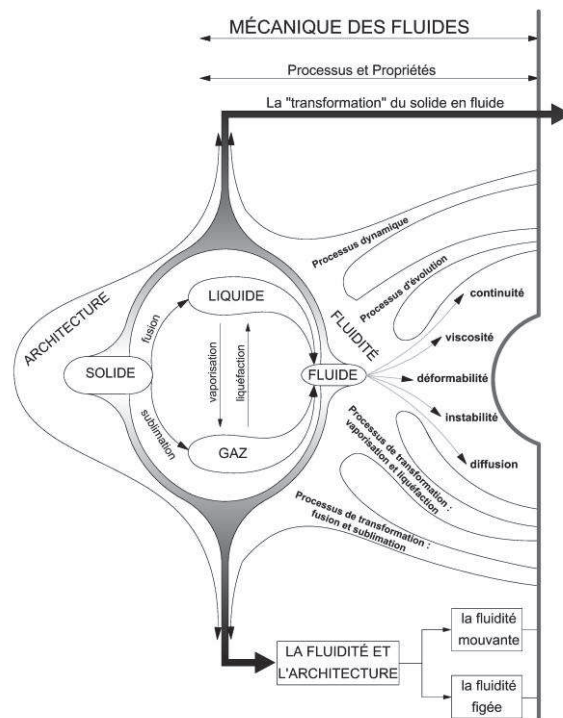


Figure 1. La métamorphose de la fluidité architecturale - premier stade.

Cette étape révèle les propriétés des fluides en physique et les processus qui les caractérisent. La fluidité peut être perçue comme une fluidité mouvante, engagée dans un déplacement (écoulement) ou comme une fluidité figée : gelée ou solidifiée (par exemple l'eau qui devient glace).

La contemporanéité » ramène des nouvelles expressions de la fluidité et « les nouveaux programmes introduisent un domaine pluriel où les paramètres évoluent en simultanément selon des ordres de temps et des séquences distinctes tout en créant l'illusion parfaite d'une continuité formelle. La tentation d'une architecture de la fluidité thématise l'idée d'un refus du plan, d'une perte d'inscription, l'apparition d'un monde où l'horizon, la pesanteur et la gravitation ne sont plus la détermination unilatérale » (Migayrou, 1998, p. 34).

1.2. La métamorphose de la fluidité

Nous touchons ici à l'analogie en tant que processus générateur des concepts architecturaux, issus de la mécanique des fluides. Ainsi, les caractéristiques des fluides du point de vue scientifique : la continuité, la viscosité, la déformabilité, l'instabilité et la diffusion, peuvent se métaphoriser en concepts architecturaux comme le dynamisme, l'inflexion, la flexibilité, l'interactivité, le flux, le flou et l'ambiguïté, la dématérialisation et l'immatérialité, la transparence et la translucidité, l'indétermination, la confusion, la virtualité, l'insaisissabilité ou l'incertitude. Ces concepts ont été transformés jusqu'à aujourd'hui en différentes perspectives liées à la fluidité architecturale. « Hypersurface architecture », « xénoarchitecture », « architecture génétique », « architecture liquide », « architecture plectique », « blobs », « rhéoarchitecture », « architecture topologique », « proto design », « architecture non standard », « transarchitecture », « architecture performative », constituent seulement quelques exemples d'abstractions conceptuelles qui visent à la fois l'expansion du langage architectural et l'ouverture de l'horizon spéculatif, imaginaire et créatif.

L'**hypersurface architecture** est définie, par Stephen Perrella en 1998, comme une imbrication dynamique entre la culture médiatisée et l'architecture topologique, caractérisée par la complexité de la relation espace-temps-information⁹¹. Elle réinterprète les relations dichotomes existant dans l'environnement, en évoquant des immanences transversales. Contrairement au sens mathématique de la notion « hyper », qui se traduit par « plus élevé », en hypersurface architecture, la notion « hyper » signifie « altéré »⁹².

⁹¹ « I am attempting to conjoin these two trajectories – mediated culture and topological architecture – into an intertwining dynamic, one that I have come to call hypersurface [...] Hypersurface is an emerging architectural/cultural condition that is effected through an intertwining of often opposing realms of language and matter into irresolvable complexities that create middle-out conditions » (Perrella, 1998e, p. 7).

⁹² « Hypersurface is a reconsideration of often dichotomous relationships existing in the environment. These binaries include: image/form, inside/outside, structure/ornament, ground/edifice and so forth; not as separate and hence static entities but as transversally-constituted fabrics or planes of immanence. [...] In mathematics, a hypersurface is a surface in hyperspace, but in the context of this journal the mathematical term is existentialised. Hyperspace is four + dimensional space, but here hypersurfaces are rethought to render a more complex notion of

La **xénoarchitecture** et l'**architecture génétique**⁹³ sont définies par Karl Chu en 2006. L'**architecture génétique** ne signifie pas une imitation des formes biologiques, mais elle est fondée sur l'invention du *cellular automaton* et de « l'architecture von Neumann », qui incarne l'idée d'auto-réplication et d'auto-construction⁹⁴. Karl Chu présente la **xénoarchitecture** en tant qu'une architecture qui répond aux demandes imposées par la computation et la révolution biogénétique⁹⁵. Selon Antoine Picon, « Chu annonce notamment l'avènement d'une "xénoarchitecture" dotée de son autonomie propre et surtout d'une forme d'intentionnalité, une architecture véritablement vivante au lieu d'être simplement animée » (Picon, 2010, p. 100).

L'**architecture liquide**⁹⁶ et la **transarchitecture**⁹⁷ sont définies par Marcos Novak, rapportées au cyberspace⁹⁸. En 1991, dans *Liquid Architectures in Cyberspace*, il définit l'**architecture liquide** comme une architecture vivante, pas du point de vue biologique, comme la xénoarchitecture et l'architecture génétique, mais du point de vue de l'habitant⁹⁹ car elle « est plus que l'architecture cinétique, l'architecture robotique, et l'architecture faite de parties fixes et de liens variables. L'architecture liquide est une architecture qui respire, qui pulse, qui bondit d'une

space-time-information. [...] Instead of meaning higher in an abstract sense, « Hyper » means altered » (*Ibid.*, 1998e, p. 8).

⁹³ La notion d'« architecture génétique » est traduite de l'anglais « genetic architecture », tandis que la « xénoarchitecture » (traduction de « xenoarchitecture » en anglais) est déjà décrite par Antoine Picon en 2010 dans son ouvrage *Culture numérique et architecture*.

⁹⁴ Selon Karl Chu « genetic architecture is neither a representation of biology nor a form of biomimesis ; instead, its theoretical origins, insofar as genetic architecture is concerned, can be traced to John von Neumann's invention of the cellular automaton and his 'von Neumann architecture' for self-replicating system » (Chu, 2006a, p. 45). Il explique dans ce texte que l'architecture de von Neumann est « the prototype for modern computing systems with its stored memory program. This addressed the idea of a machine that could manufacture itself : a robot that self-replicates and self- constructs copies of itself, a notion that lies at the heart of biology : the essence of self-reproduction is organisation – the ability of a system to contain a complete description of itself and use that information to create new copies » (*Ibid.*, 2006a, p. 45).

⁹⁵ « the potential emancipation of architecture from antropology is already affording us to think for the first time of a new kind of xenoarchitecture with its own autonomy and will to being. [...] In order to break through the barrier of complacency and self-imposed ignorance on the part of the discipline, what is needed is a radicalisation of the prevailing paradigm of architecture, beyond retroactive manifestos, by developing a new concept of architecture that is adequate to the demands imposed by computation and the biogenetic revolution » (*Ibid.*, 2006a, p. 43).

⁹⁶ La traduction de la notion originale anglaise « liquid architecture ».

⁹⁷ Le terme original en anglais « transarchitectures » se conserve en français.

⁹⁸ Marcos Novak considère que « le cyberespace est une visualisation entièrement spatialisée de toute l'information dans les systèmes mondiaux de traitement des données, le long des voies fournies par les réseaux de communication présents et futurs, permettant la présence et l'interaction complète de multiples utilisateurs, permettant l'input et l'output de tout le sensorium humain, permettant la simulation de réalités réelles et virtuelles, la collecte de données à distance et le contrôle par téléprésence, ainsi que l'intégration et l'intercommunication totale d'une gamme complète de produits et d'environnements intelligents dans l'espace réel » (Roussel, 2012b). Ainsi l'architecture liquide devient une architecture du cyberspace « dématérialisée, dansante, difficile, fluctuante, éthérée, capricieuse, transmissible à toutes les parties du monde simultanément mais tangible seulement indirectement, [qui] pourrait aussi devenir l'architecture la plus durable jamais conçue » (*Ibid.*, 2012b).

⁹⁹ « L'architecture liquide est une architecture dont la forme est contingente aux intérêts de celui qui l'habite ; c'est une architecture qui s'ouvre pour m'accueillir et se ferme pour me défendre ; c'est une architecture sans porte ni couloirs, où la prochaine pièce est toujours là où j'en ai besoin. L'architecture liquide produit des villes liquides, des villes qui changent de valeur, où les visiteurs de différents horizons voient différents repères, où les voisinages varient avec la mise en commun des idées, et évoluent avec leur maturation où leur dissolution » (*Ibid.*, 2012b).

forme à une autre » (Roussel, 2012b). Selon Lars Spuybroek, l'architecture liquide représente la liquéfaction de tout ce qui était solide et cristallin par le biais du média¹⁰⁰, sans imposer nécessairement des formes souples et courbes¹⁰¹. La **transarchitecture** exprime une évolution de l'architecture liquide, elle est plutôt associée à l'hypersurface architecture¹⁰². L'articulation représente un élément fondamental pour l'incarnation de la transarchitecture¹⁰³, mais l'éversion en constitue la condition première. Cette éversion est considérée comme la cinquième virtualité et indique le renversement de la virtualité de l'intérieur vers l'extérieur, donc elle est présente entre nous, projetée sur nos architectures et nos villes, sans être enfermée dans la technologie¹⁰⁴.

L'**architecture plectique** est introduite dans le langage architectural par Neil Spiller dans son article *L'architecture plectique : vers une théorie du postnumérique en architecture*. En premier lieu, il explique que « l'architecture postinfographique » n'est pas une architecture « dont la composante numérique a disparu, mais bien une synthèse du virtuel, du réel, du biologique, du cybernétique, de l'enrichi et du mixte » (Spiller, 2008, p. 363). L'origine du terme « plectique » se retrouve dans la définition du physicien Murray Gell-Mann et décrit « l'étude de la simplicité et de la complexité. Elle (la plectique) englobe les diverses tentatives pour définir la complexité »¹⁰⁵ (*Ibid.*, 2008, p. 363).

¹⁰⁰ « Liquid architecture is not the mimesis of natural fluids in architecture. First and foremost is a liquidising of everything that has traditionally been crystalline and solid in architecture. It is the contamination of media. The liquid in architecture has earlier been associated with the easing back of architecture for human needs, of real time fulfilment » (Spuybroek, 1998, p. 50).

¹⁰¹ « La "liquid architecture" désigne une architecture faite de surfaces déformables et dynamiques. Les résultats ne sont pas nécessairement les formes souples et courbes publiées le plus souvent dans les revues, mais aussi des formes très proches de celles produites par les déconstructivistes » (Brangé, 2001, p. 20).

¹⁰² « "Hypersurface architecture" and "transarchitectures" are complementary concepts. [...] Transarchitectures are permeated by hypersurfaces in both literal and metaphoric senses, and theorising and practising hypersurface architecture would lead to the radical transformations that the construct "transarchitectures" articulates for the evolving conception of architecture » (Novak, 1998c, p. 87).

¹⁰³ « "Transarchitectures" articulate the full scope of architectural possibility [...]. In short, this is as follows: we conceive algorithmically (morphogenesis); we model numerically (rapid prototyping); we build robotically (new tectonics); we inhabit interactively (intelligent spaces); we telecommunicate instantly (pantopicon); we are informed immersively (liquid architectures); we evert virtually (transarchitectures) » (*Ibid.*, 1998c, p. 87).

¹⁰⁴ The eversion is considered as the fifth virtuality: « we can distinguish five degrees of virtuality, as related to screens and hypersurfaces: light and shadows: projections of absence and presence: mirrors, shadow theatres; sampling and statistic: constructions of continuity from discontinuity, connotation from denotation: cinema, television, digital sound, transition from discrete to continuous space and back by processes of digital-to-analogue and analogue-to-digital conversions; inversion: computation and epistemology, seeing through knowing, scientific visualisation, simulations, computer graphics, special effects; immersion: alteration, cyberspace, virtual reality, casting the world into the virtual; eversion: casting the virtual unto the world, multi-threading virtual/real and actual/possible. Eversion, as the name implies, is the turning inside-out of virtuality, so that it is no longer contained in the technologies that support it but is cast into our midst and projected onto our architectures and our cities » (*Ibid.*, 1998c, p. 86).

¹⁰⁵ « [...] l'étude des rôles de la simplicité et de la complexité et des informations classiques et quantiques dans l'histoire de l'univers, la physique de l'information; l'étude de la dynamique non-linéaire, y compris de la théorie du chaos, des attracteurs étranges et de l'autosimilarité dans les systèmes non-adaptatifs complexes en physique; et

La réalisation de l'architecture plectique postnumérique est réalisée selon la négociation et la compréhension des sept continuums par rapport auxquels se situe le travail des « créateurs contemporains d'architecture ». Les continuums sont l'espace, la technologie, la narration, la sémiotique et la performance¹⁰⁶, la géographie cyborgienne¹⁰⁷, les régimes scopiques¹⁰⁸, la sensibilité¹⁰⁹ et le temps, et « si la description de de ces continuums est nécessairement assez simple, les manifestations de cette architecture sont quant à elles extraordinaires et infinies » (*Ibid.*, 2008, p. 369), c'est-à-dire que cette architecture plectique doit être capable de « gérer correctement les forces de la biochimie, de la virtualité, des modèles de mouvement, des perturbations diurnes, saisonnières, et mêmes millénaires, en adaptant et en ré-articulant les changements de phase lents et abrupts des sites et des paysages » (*Ibid.*, 2008, p. 369).

L'**architecture performative**, selon le théoricien David Leatherbarrow, est caractérisée par « la capacité de l'architecture à générer des événements » (Picon, 2010, p. 110), cette capacité étant au principe de son caractère performatif. Antoine Picon considère que l'architecture performative n'exprime pas seulement la performance technologique des bâtiments, mais elle interprète l'émergence, l'occurrence : « contemporary performatism is very much about the capacity of architecture to become an event, to participate in a world which is more and more often defined in terms of occurrences rather than as a collection of objects and relations » (Grobman, Neuman, 2012, p. 18).

L'**architecture topologique** est très présente dans le discours architectural contemporain, étant très souvent associée à l'ondulation des surfaces ou à la continuité formelle. Marcos Novak précise que la topologie ne se réfère pas à ces types de caractéristiques architecturales, mais elle représente les invariants de la transformation algorithmique, tandis que la continuité est interprétée au niveau abstrait¹¹⁰. En ce qui concerne l'inflexion, Bernard Cache la considère

l'étude des systèmes adaptatifs complexes, notamment de l'évolution chimique prébiotique, l'évolution biologique, le comportement des organismes individuels, le fonctionnement des écosystèmes, [...] » (Spiller, 2008, p. 363).

¹⁰⁶ « [...] l'architecte ou l'auteur de projet peut choisir si son travail s'inscrit dans un continuum qui va de l'engagement minimal dans la citation ou la nuance mnémonique par rapport à l'histoire et à la culture ou au monde contemporain jusqu'à l'adhésion à la multiplicité des univers discursifs complexes et émergents que nous habitons et avec lesquels nous entretenons des contacts quotidiens » (*Ibid.*, 2008, p. 368).

¹⁰⁷ « [...] l'auteur de projet peut postuler un travail qui fonctionne dans toutes sortes de terrains mixtes et enrichis, soumis à toutes sortes de facteurs et vecteurs géo et cyber-morphiques » (*Ibid.*, 2008, p. 368).

¹⁰⁸ « [...] l'architecture peut exister à toutes les échelles. Tout dépend de la résolution de l'étendue choisie – continents, océans, villes, rues, pièces, tapis, micro-paysages et médico-paysages font tous partie de ce continuum » (*Ibid.*, 2008, p. 368).

¹⁰⁹ « [...] des objets, des espaces ou des bâtiments dont les éléments sont sensibles et à même de percevoir les variations de l'environnement ou de recevoir des informations. Ces capteurs peuvent donc fabriquer des objets et des bâtiments qui sont influencés par des événements ailleurs, et qui exercent également une influence ailleurs » (*Ibid.*, 2008, p. 368).

¹¹⁰ « Topology does not mean curved surfaces, as the current discourse would have it, it means simply the study of those relations that remain invariant under transformations and deformations. A notion of continuity is indeed

comme un élément fondamental de la géométrie architecturale, défini comme « la singularité intrinsèque », qui peut décrire les relations topologiques entre la géographie et l'architecture, entre l'intérieur et le paysage¹¹¹. Brian Massumi définit la topologie par rapport à la variation formelle, délimitée par des formes statiques, où la topologie caractérise l'intervalle entre les deux¹¹². Avant que la topologie soit interprétée à travers des algorithmes ou des singularités, elle a été rapportée à la concentration de la masse (« caractère de figure »)¹¹³ ou à la fermeture des espaces¹¹⁴. Christian Norberg-Schulz analyse les éléments de la forme (la masse, l'espace et la surface) selon la topologie et la géométrie, ainsi « une masse définie de façon purement topologique par des courbes accidentelles peut, en principe, s'adapter à des corps adjacents en modifiant son contour » (Norberg-Schulz, 1974b, p. 187) et « les espaces carrés et rectangulaires se joignent plus aisément les uns aux autres et un espace aux limites topologiques « libres » peut, en principe, s'adapter à n'importe quelle situation » (*Ibid.*, 1974b, p. 191). Quoi qu'il en soit, les éléments formels ne peuvent recouvrir différentes significations que par géométrisation ou par l'accentuation des qualités particulières de la Gestalt car « des éléments qui sont topologiquement définis ont un caractère amorphe et diffus, et leur « expression » correspond simplement à leur concentration ou à leur fermeture » (*Ibid.*, 1974b, p. 189).

Les **blobs** sont introduits dans le discours architectural par Greg Lynn, comme étant une alternative à la surface topologique. Si Bernard Cache désigne l'inflexion, en tant qu'élément majeur de la topologie, Greg Lynn évoque la courbe *spline*, en tant que génératrice des blobs,

implied in this definition, but the continuity is abstract. A cube is not less topological than a blob. However, when working algorithmically, what remains invariant is the algorithm, so that a new notion of topology, "variable topology" is introduced. While the variations in the space of the parameters and control structures that implement the algorithm may be continuous, the product of the algorithm may show tears and discontinuities and ever fracture into a cloud of particles or an explosion of shards » (Novak, 1998c, p. 89).

¹¹¹ « Cache reworks the fundamental geometry of architecture : substituting the square, circle, triangle, with the frame, vector and inflection. [...] Cache's fundamental argument that all form consists of either convex or concave curvature, items from his analysis of inflection – what Leibniz calls an 'ambiguous sign'. For Cache an inflection has the characteristics of a geometric undecidable, which works outwardly from its center. This is defined as an 'intrinsic singularity'. [...] Cache translates the fundamental dynamics of curvature, situated between the earth and the sky, describing topological relationships between geography and architecture, inside and landscape : filtered through a complex double frame » (Perrella, 1998a, p. 66).

¹¹² « Topology deals with continuity of transformation. It engulfs forms in their own variation. The variation is bounded by static forms that stand as its beginning and as its end, and it can be stopped at any point to yield other still-standing forms. But it is what happens in-between that is the special province of topology » (Massumi, 1998, p. 16).

¹¹³ Le critère de la concentration d'une masse, définie par C. Norberg-Schulz « caractère de figure », est considéré comme son « aptitude à se joindre à d'autres masses » (Norberg-Schulz, 1974b, p. 187). L'élément de masse architecturale est indiqué comme « un corps séparé de son environnement d'une manière telle que son extension peut être décrite au moyen d'un système de coordonnées euclidiennes. La première qualification d'une masse est donc la concentration topologique. Dans ce sens, une montagne est une masse, tout comme n'importe quel bloc de pierre » (*Ibid.*, 1974b, p. 187).

¹¹⁴ Les espaces fermés dépendent directement de la concentration des masses : « [...] nous caractérisons une masse comme étant plus ou moins concentrée, nous disons qu'un espace est plus ou moins fermé [...] » (*Ibid.*, 1974b, p. 189).

capables de s'infléchir mutuellement et de former des assemblages composites¹¹⁵. Un autre élément commun entre les blobs et l'architecture topologique est représenté par la singularité, car la complexité des blobs suppose une fusion de plusieurs éléments, tout en restant irréductible à toute organisation unique et simple¹¹⁶.

Le **proto design**¹¹⁷ est développé par Neri Oxman à MIT (Massachusetts Institute of Technology), par la méthode de Material-Based Design Computation¹¹⁸. Cette méthode suppose une synergie complète entre la géométrie, la matière physique et l'énergie. Le proto design suppose que chaque cellule comprenant l'ensemble est en flux continu car elle se remodèle et évolue sous les pressions environnementales¹¹⁹ et pour cette approche il s'agit d'une nouvelle philosophie de conception, qui décrit la matière comme générative¹²⁰.

La notion d'« **Architectures non standard** » vient du nom de l'exposition présentée par Frédéric Migayrou à Paris, au Centre Pompidou, en 2003-2004. En second lieu, le concept a été conservé dans le langage architectural, proposant « une relecture de l'histoire de l'art et de l'architecture selon l'idée de mouvement et d'inflexion » (Migayrou, Mennan, 2003b, p. 11). La catégorie de non standard est déterminée par deux directions : d'une part, l'histoire des mathématiques, avec l'analyse non standard¹²¹, d'autre part une histoire révisée de l'architecture moderne¹²². Ce

¹¹⁵ « Spline entities are intensively influenced by their context due to the fact that they are defined by hanging weights, gravity and force. For example, the weights and directions pulling on control vertices in space can be affected by gradients of attractive or repulsive force in which the spline is situated. Similarly, the weights of one spline surface can affect those of another spline surface. These resulting structures are called blobs for their ability to mutually inflect one another and form composite assemblages. The blob is an alternative example of a topological surface exhibiting landscape characteristics although it does not look like a topography » (Lynn, 2011d, p. 30).

¹¹⁶ « Their complexity involves the fusion of multiple elements into an assemblage that behaves as a singularity while remaining irreducible to any single simple organisation [...] Yet, as a blob, it is capable of fluid and continuous differentiation based on interactions with neighboring forces with which it can be either inflected or fused. In this way, complexity is always present as potential in even the most simple or primitive of forms. Moreover, it is measured by the degrees of both continuity and difference that are copresent at any moment » (*Ibid.*, 2011d, p. 30-31).

¹¹⁷ Le terme en anglais sera conservé sans être traduit en français.

¹¹⁸ « Material-Based Design Computation was developed as the theory and method by which to relate units of matter to units of performance in the generation of form » (Oxman, 2011e, p. 102-104).

¹¹⁹ « The systems assume that each and every cell comprising the whole is in constant flux as it remodels and evolves under environmental pressures : call it proto-design » (*Ibid.*, 2011e, p. 102-103).

¹²⁰¹²⁰ « to conceive of design as the 'dry path' of biology in the generation of synthetic form requires designers to find the formula to describe matter as generative. To do this, they must first abandon the conceptual structure of a divided and hierarchical process separating the analytic and the synthetic, and arrive at their ultimate integration. A new philosophy of design is slowly emerging which anticipates and supports the merging of matter and energy on the way to proto-design » (*Ibid.*, 2011e, p. 105).

¹²¹ « La notion de non standard réfère à l'analyse non standard telle qu'elle fut initiée par le mathématicien Abraham Robinson (Non Standard Analysis, 1966) ; qui radicalisera après Henri Poincaré et G.W. Leibniz la théorie des infinitésimales et révolutionne l'idée de continu mathématique. Celle-ci aura une application logique d'une part (systèmes algorithmiques, intelligence artificielle...), et morphogénétique d'autre part (herméneutique formelle, théories des catastrophes, fractales...) » (Migayrou, Mennan, 2003b, p. 11).

¹²² Selon Valéry Didelon, « le second et principal pilier de l'exposition est plus prometteur : réunir des architectes qui participent à la remise en cause de la standardisation dans la conception et la production de l'architecture. Une posture liée au post-modernisme depuis le début des années 70. L'adversaire semble donc tout désigné : le mouvement moderne, celui qui voulait transformer la quantité en qualité grâce à l'abstraction et la répétition »

concept est relié aux blobs, à l'architecture topologique, au proto-design ou à la xénoarchitecture par l'idée que l'architecture doit représenter les singularités, mathématiques ou génétiques, de se replier et de se générer¹²³, en dépassant « toute présupposition de la forme, toute antériorité ou extériorité d'un principe de détermination, d'élaboration de celle-ci » (*Ibid.*, 2003b, p. 27).

La **rhéoarchitecture**¹²⁴ a été définie en 1991 par l'architecte roumain Roman Popa et décrit une architecture fluente, dynamique et ouverte, qui se trouve dans une évolution continue vers les trois directions spatiales, dans une organisation apparemment labyrinthique, mais qui impose une nature rythmique unitaire et organique. La rhéoarchitecture peut être réalisée, en fixant, par le biais plusieurs formules mathématiques simplificatrices, une catégorie géométrique, découlant de l'anneau de Moebius¹²⁵. Les caractéristiques de ces géométries, appelées des « configurations développables non-orientables », sont fondées sur la topologie combinatoire¹²⁶.

(Didelon, 2004). Frédéric Migayrou explique l'idée de « non standard » qui évoque, d'une part, « un refus de la normalisation, de la standardisation entendue comme facteur fondamental de l'industrialisation, comme principe déterminant du modernisme en ce qu'il s'attache au déploiement d'une production en série qui, au-delà de l'architecture, a définitivement charpenté une culture unilatérale et mondialisée de la production et du produit » (Migayrou, Mennan, 2003b, p. 26).

¹²³ « L'architecture doit alors se confronter à sa faculté intrinsèque à spécifier, à faire apparaître des éléments singuliers. En se repliant sur sa propre capacité structurale, elle doit se démarquer d'une tradition architecturale qui a historiquement constitué son langage et sa syntaxe à partir de la représentation d'une normativité externe, d'une assignation rigide aux ordres » (Migayrou, Mennan, 2003b, p. 27).

¹²⁴ Le terme composé rhéo + architecture implique déjà l'idée de fluidité et d'écoulement car nous avons déjà vu que le terme grec « rheo » signifie couler.

¹²⁵ Selon Roman Popa, le ruban (la bande, ou l'anneau) de Moebius constitue « the most natable non-orientable surface, which we can consider as a prototype, generating numerous similar shapes, never identical » (Popa, 2003c, p. 5).

¹²⁶ La topologie est définie comme une géométrie qui, soumise à une transformation continue, préserve les propriétés invariantes : « geometry of rubber » it is defined as a geometry which, to a continuous transformation preserves the invariant properties » (*Ibid.*, 2003c, p. 7).

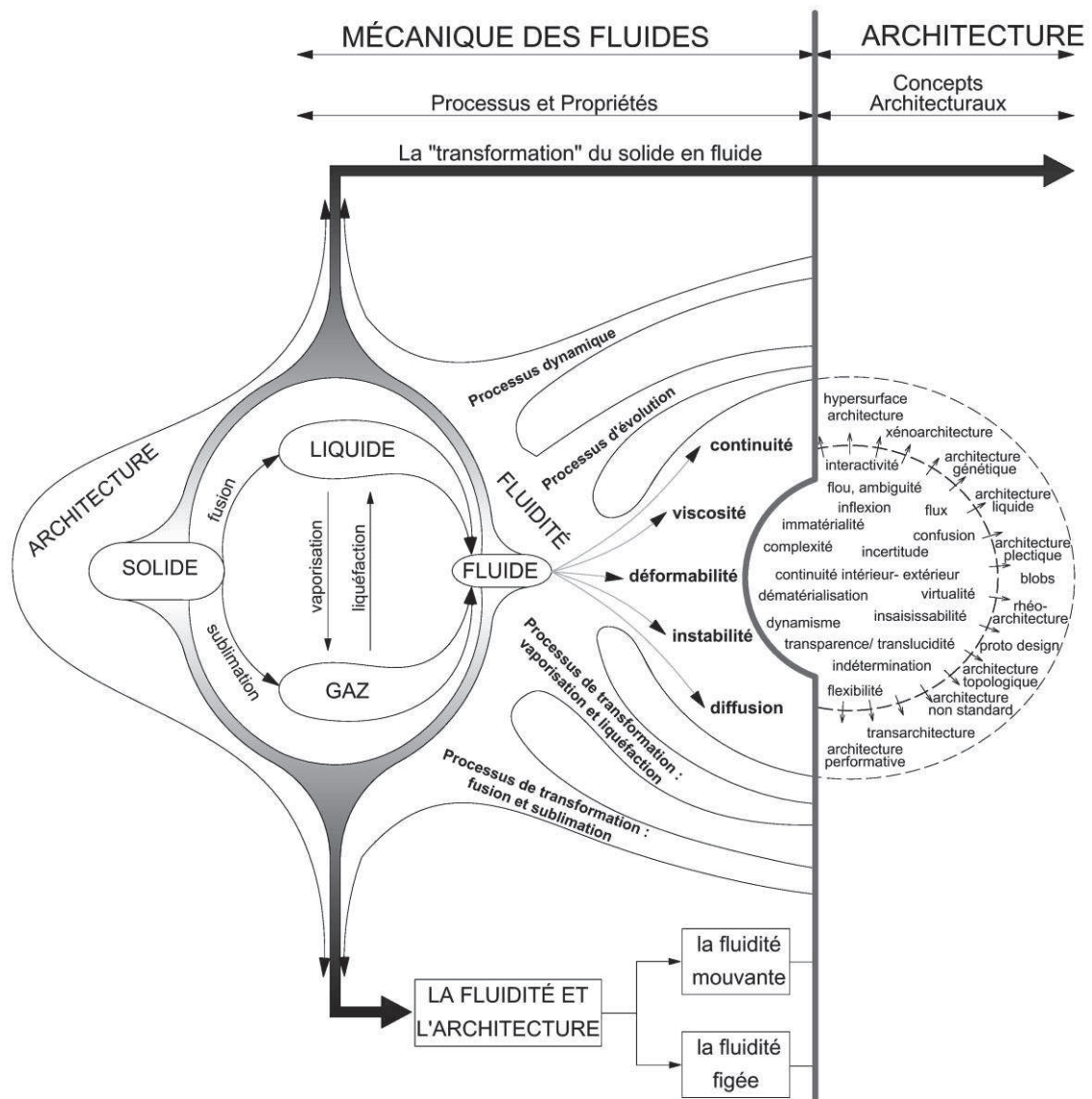


Figure 2. La métamorphose de la fluidité architecturale– deuxième stade.

Les propriétés physiques des fluides (la continuité, la viscosité, la déformabilité, l'instabilité et la diffusion) sont transformées en concepts architecturaux. Elles représentent le fondement des notions empruntées en architecture (interactivité, flou, immatérialité, insaisissabilité, etc.) et sont réinterprétées à travers l'histoire de l'architecture en idées architecturales.

1.2.a) La fluidité figée et la fluidité mouvante

En considérant les définitions et les caractéristiques des fluides mentionnées ci-dessus, nous apprécions la fluidité architecturale comme une qualité duale : la fluidité mouvante et la fluidité figée. La fluidité figée suppose une fluidité « gelée », une masse, une matière soumise à un mouvement, à une transformation continue, qui a été surprise à un instant de son évolution et qui a été « gelée » dans une forme singulière¹²⁷. L'idée que les formes constituent le résultat

¹²⁷ Frédéric Migayrou donne une définition de la forme de l'architecture non standard, valide pour la forme fluide :

d'un moment suspendu a été interprétée par le physicien Hans Jenny, sous le nom de cymatique. Il considère les formes comme des résultats des vibrations, et quand le temps s'arrête, la masse devient « gelée »¹²⁸. Cette « gélification » formelle d'un mouvement est aussi évoquée par l'artiste dadaïste Raoul Hausmann, qui « suggérait que chaque forme était un moment-image gelé participant à l'aura créative de l'atmosphère (*fluidum*), notion constituante aussi bien pour Hugo Häring, Mies van der Rohe ou Le Corbusier, et qui devait tenir ensemble la fixité normative du type et l'ouverture à un vitalisme » (*Ibid.*, 2003b, p. 30). L'expérience de la fluidité dans ce contexte est liée à l'expérience de figer, qui appartient à l'architecte et qui constitue une décision sensible personnelle¹²⁹. Par ailleurs, si la fluidité est parfois associée à l'élégance, la fluidité figée est associée à la légèreté¹³⁰.

La fluidité figée peut être lourde (i.e. une analogie aux fluides caractérisés par une viscosité élevée, comme la lave) ou au contraire, légère (i.e. une analogie aux fluides caractérisés par une basse viscosité, comme l'air). En architecture, la fluidité lourde coexiste avec la fluidité légère en ce qui concerne la temporalité, sauf durant la période baroque, où la fluidité légère manque (les façades de Borromini notamment constituent des exemples de fluidité lourde). Pour ce qui est de l'Art Nouveau, la fluidité lourde d'Antoni Gaudi et la fluidité légère de Victor Horta, Hector Guimard ou August Endell sont présentes simultanément, la première indiquant l'écoulement de la masse et la deuxième exprimant la dématérialisation de la masse et le mouvement ondulatoire de la structure, en « coup de fouet ». Aujourd'hui, l'architecture contemporaine ramène plus que jamais cette dualité de la fluidité figée à un niveau de diversité et de contraste : elle tend soit à incarner la continuité par une complexité formelle, en solidifiant l'inflexion et le flux, soit à dissoudre la matière en l'exposant d'une manière presque insaisissable.

« La forme y devient un a priori morphogénétique, les formes choisies pour incarner l'architecture n'étant que l'état de définition d'une singularité dans un continuum dans une perpétuelle évolution » (Migayrou, Mennan, 2003b, p. 32).

¹²⁸ Hans Jenny décrit les formes « gelées » dans *Cymatics: Wave Phenomena, Vibrational Effects, Harmonic Oscillations with their Structure Kinetics and Dynamics (1974)*, en expliquant que la « ...Nature reveals an abundance of sculptural forms, and all of them, it must be remembered, are the result of vibration. **If the time ceases, the mass 'freezes'** » (Migayrou, Mennan, 2011d, p. 35).

¹²⁹ Selon Yves Weinand, dans son article *Des géométries complexes entre l'ingénieur et l'architecte*, « la fascination pour des géométries cohérentes et fluides n'est pas nouvelle en soi. Elle est présente dans les travaux de Buckminster Fuller, Nervi, Ito, pour en nommer quelques-uns. Ici, l'expérience de la fluidité est une expérience sensible, privée. **Les formes malléables**, toujours en rapport avec un principe simple de base, **peuvent être figées à tout moment**. La décision de figer appartient à la sensibilité architecturale et artistique de l'auteur du projet » (Weinand, 2006, p. 16).

¹³⁰ Dans l'article *Lightness and Fluidity: Remarks Concerning the Aesthetics of Elegance*, David Goldblatt affirme que « architecture, like still sculpture, can be elegant by its **suggestion of fluidity** and dynamism though it, too, **is but a frozen moment** and, by virtue of its elegance, appears to exhibit a kind of lightness. So, then, whatever else it is, elegance is a thin, bare-boned quality of refined organization and efficiency and even in its complexity exhibits an appearance of lightness that is intensified by its suggestion of forms on the move » (Goldblatt, 2007, p. 12).

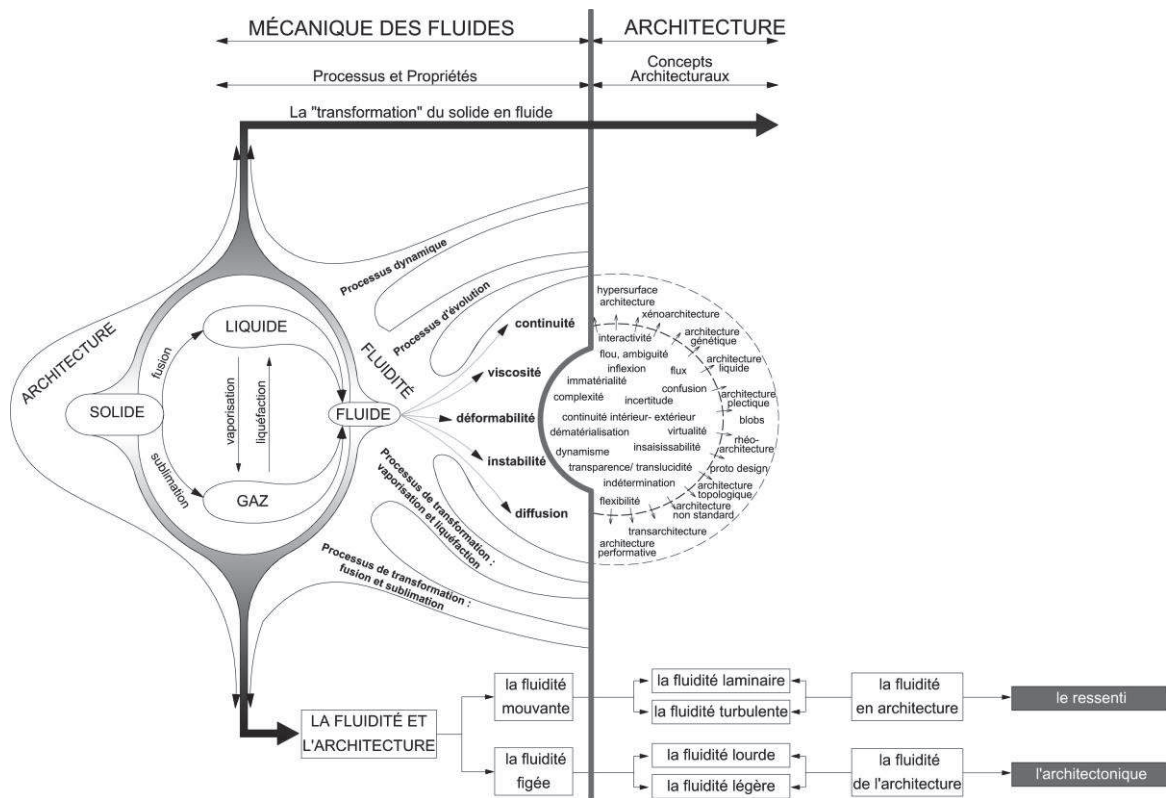


Figure 3. La métamorphose de la fluidité architecturale– troisième stade.

La division du rapport entre fluidité et architecture évolue vers le ressenti et la tectonique.

En revanche, la fluidité mouvante comprend l'atmosphère ressentie, l'ineffable, dépendant directement de la fluidité figée. Comme en mécanique des fluides, l'écoulement « traduit » en architecture produit deux types de fluidité mouvante : la fluidité mouvante laminaire et la fluidité mouvante turbulente. La fluidité laminaire, la métaphore de l'écoulement régulier, avec une vitesse constante, suppose une atmosphère calme et sereine, résultant dans la plupart des cas de la lumière (par exemple l'atmosphère intérieure du Panthéon à Rome ou l'atmosphère des cathédrales gothiques). De l'autre côté, la fluidité turbulente, la métaphore de l'écoulement qui engendre des vortex ou tourbillons, représente le phénomène antithétique au précédent, c'est-à-dire l'atmosphère produit une impression de confusion et d'anxiété, de chaos et d'ambiguïté par opposition à l'accalmie, la quiétude, même l'ataraxie ou la béatitude. Pour rendre un rapport plus intime entre fluidité et architecture, la fluidité mouvante, qui vise l'ineffable, le ressenti, peut être interprétée comme une fluidité en architecture, tandis que la fluidité figée, qui vise le palpable, la partie tectonique, peut être exprimée comme la fluidité de l'architecture.

1.2.b) L'évolution des concepts architecturaux

Cette thèse s'appuie sur l'évolution des concepts architecturaux est fondée sur l'analogie entre la mécanique des fluides et l'architecture afin de « transformer » le processus physique en concepts architecturaux. Cette analogie devient active lorsqu'elle « peut ouvrir et interpréter un espace de pensée et avoir un effet heuristique fécond »¹³¹ (Faucon, 2013e, p. 20). Selon Térésa Faucon, « la référence mécanique est féconde lorsqu'elle assure une schématisation (en l'occurrence, c'est la force des deux principaux modèles, la mécanique des solides et la mécanique des fluides) et se laisse déplacer. En outre, elle reste éclairante même partielle ou déformée. Selon la mise en garde de Thom¹³², l'analogie est stérile si elle permet un emboîtement ou plutôt une superposition exacte, si l'isomorphie est trop forte » (*Ibid.*, 2013e, p. 21). Donc, en ce qui concerne la définition de la fluidité architecturale, il n'est pas suffisant de trouver les types de fluidités par rapport à l'architecture, mais il s'agit d'étendre le champ de l'analogie afin de formuler des perspectives architecturales, issues de différents processus de la mécanique des fluides. Ces perspectives supposent l'évolution des concepts architecturaux et concernent à la fois la fluidité mouvante (en architecture) et la fluidité figée (de l'architecture). Comme le montre de manière plus détaillée la Figure 4, ces perspectives ne peuvent pas constituer le résultat spontané des processus de la fluidité (dynamique, d'évolution, de transformation), mais il s'agit d'un état préalable, embryonnaire, qui est représenté par les émergences architecturales. Celles-ci s'adaptent sans cesse selon de nouveaux processus architecturaux.

Par conséquent, la fluidité qui a été figée à un instant d'un **processus dynamique** (comme celui de l'écoulement des fluides) engendre une vision du champ de forces qui agit sur l'espace architectural et qui se traduit par la **conception architecturale moderne**¹³³. La conception moderne est le résultat d'une architecture décomposée et recomposée, soumise à une dissolution des limites. Le mouvement *De Stijl* constitue un exemple pertinent car « la nouvelle architecture est informe. Elle est pourtant précisément définie, en ce sens qu'elle ne se soumet à aucun type esthétique donné. [...] L'architecture nouvelle a ouvert les murs et supprimé ainsi la séparation de l'intérieur et de l'extérieur »¹³⁴ (Conrads, 1991, p. 95-96).

¹³¹ Isabelle Stengers dans *Les concepts scientifiques : invention et pouvoir*, citée par Térésa Faucon.

¹³² Elle se réfère au René Thom, qui considère, dans son ouvrage *Paraboles et catastrophes* (1983), qu'on peut appliquer l'analogie à des situations très différentes.

¹³³ Nous adoptons le terme de "moderne" dans le sens du mouvement moderne.

¹³⁴ La citation est extraite du manifeste « Vers une architecture plastique » de Théo van Doesburg, qui a été publié pour la première fois dans la revue *De Stijl*, vol. VI, No. 6/7, p. 78-83, en 1924.

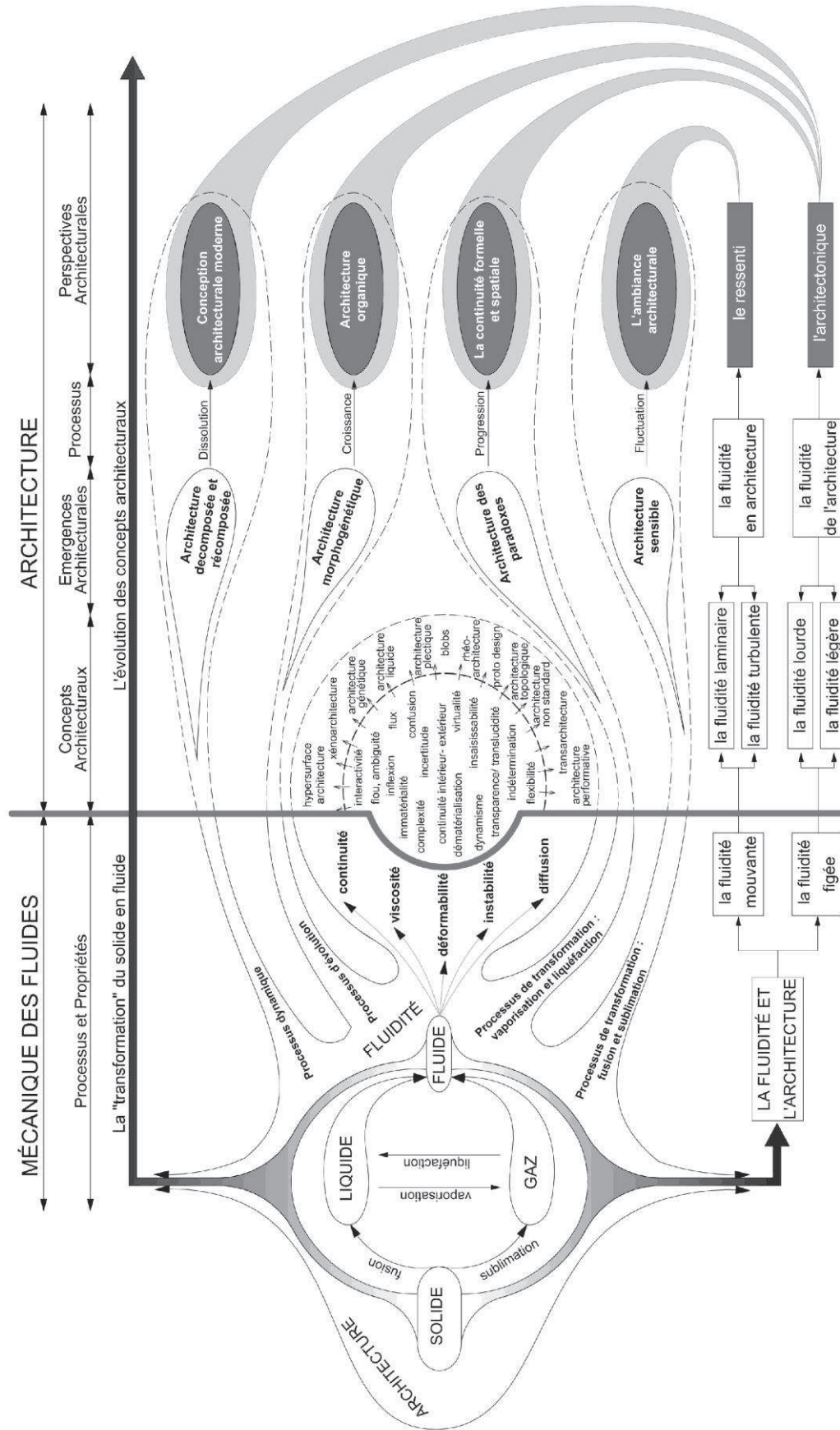


Figure 4. La métamorphose de la fluidité architecturale— stade final.

Ce schéma montre la transformation complète des processus de la mécanique des fluides en perspectives architecturales. La genèse des perspectives ne dépend pas uniquement des processus physiques et des concepts architecturaux, mais elle se trouve dans un changement perpétuel. En raison de cette évolution, les quatre perspectives architecturales passent par une phase initiale d'émergence, qui s'adapte selon de nouveaux processus architecturaux (la dissolution, la croissance, la progression, la fluctuation). Enfin, les perspectives architecturales sont connectées soit à la fluidité mouvante, soit à la fluidité figée.

Donc, la décomposition et la recomposition, surgies de l'art cubiste et converties après en néoplasticisme (par Piet Mondrian et Théo van Doesburg), supposent l'unité de l'espace-temps comme élément de composition. L'architecture décomposée et recomposée représente ainsi l'émergence, l'origine de la conception moderne, tandis que la dissolution des limites représente le processus par lequel cette émergence devient une approche du modernisme (*De Stijl* a influencé plusieurs architectes, comme Mies van der Rohe, pour lequel la dissolution des limites a été un moyen pour générer la fluidité de l'espace).

Figée à l'instant d'un **processus d'évolution**, la fluidité engendre une approche du monde vivant, de la croissance naturelle, qui s'exprime par l'**architecture organique**. Dans ce cas, l'architecture organique constitue une complexité biomorphique fondée sur la croissance continue de l'architecture morphogénétique¹³⁵. Si pour A. Gaudi l'architecture organique est évoquée par une imitation formelle du naturel, l'architecture organique contemporaine admet la réplique du code génétique comme paramètre de conception. Pour cette raison l'architecture organique actuelle existe grâce à l'architecture paramétrique, le terme de « organique » étant remplacé par celui de « biomimétisme »¹³⁶. L'architecture morphogénétique représente l'émergence, le germe de l'architecture organique contemporaine, tandis que la croissance incarne le processus d'évolution qui détermine le degré de complexité formelle.

Figée à l'instant d'un **processus de transformation : vaporisation ou liquéfaction**¹³⁷, la fluidité apporte un regard sur la **continuité formelle et spatiale**. La continuité formelle et spatiale engendre une architecture des paradoxes, mathématiquement définie, qui se développe (par progression) vers de nouvelles formes architecturales. Dans ce cas, la topologie est considérée comme le domaine de référence, car elle représente la branche mathématique qui étudie les espaces continus et leurs limites, donc les nouvelles géométries qui nourrissent les formes « libres » architecturales actuelles. L'exemple plus concret est constitué par le ruban de Moebius. Cette monosurface est considérée comme une forme paradoxale car la surface intérieure et la surface extérieure se confondent. Si l'approche de ce type de formes continues a été évidente pour la sculpture de la première moitié du XX^{ème} siècle (par Antoine Pevsner ou Naum Gabo), sur le plan architectural, elle a été plus subtile et implicitement, sa réalisation plus difficile (« la maison sans fin » de Frederick Kiesler est devenue source d'inspiration pour l'architecture

¹³⁵ La morphogénèse représente « un ensemble des lois gouvernant le développement des formes. Issue des sciences naturelles, où elle s'applique à la croissance des organismes, la notion est également utilisée en architecture » (Brayer, Migayrou, 2013a).

¹³⁶ « Le biomimétisme est une démarche qui vise à appliquer à la création humaine les principes qui gouvernent l'apparition, l'organisation et l'évolution des formes naturelles » (*Ibid.*, 2013a).

¹³⁷ Le premier principe de la thermodynamique stipule que l'énergie se conserve, c'est-à-dire qu'elle ne se perd pas et ne se crée pas : elle se transforme.

expérimentale des années 1950-60 et même pour l'architecture contemporaine). L'architecture numérique apporte aujourd'hui la possibilité de repenser ces formes (le projet de la Bibliothèque Nationale d'Astana (Kazakhstan) de Bjarke Ingels Group (BIG) Architects exprime le concept du ruban de Moebius), en justifiant que l'architecture des paradoxes (le ruban de Moebius, la bouteille de Klein, la surface de Boy, etc.) représente l'émergence, l'impulsion pour la continuité formelle et spatiale et que la progression constitue le moyen, le processus pour leur développement.

La fluidité mouvante, continue dans un **processus de transformation : fusion ou sublimation** (l'analogie par laquelle l'architecture solide se transforme en atmosphère, en ineffable), exprime le sensible et **l'ambiance**. L'architecture de l'ambiance résulte d'une architecture sensible, qui se trouve dans une fluctuation permanente, devenant changeante et variable en temps-réel, interactive et incertaine. Le projet de NOX, Fresh H2O, Pavillon de l'Eau douce à Waterland Neeltje Jans, Zeeland, réalisé en 1994, est un « système dynamique à l'intérieur duquel se déroulent en permanence des interactions entre utilisateurs, environnement et bâtiment via l'informatique [...] les visiteurs ici sont immergés dans une expérience aquatique intégrale et doivent s'adapter à un environnement en perpétuelle mutation » (Labedade, [s.d.]). L'architecture sensible, issue du ressenti, de la réactivité et de l'interactivité, représente l'apparition, l'émergence de l'architecture de l'ambiance.

Enfin, la qualité des fluides, définie par tous les processus mentionnés (dynamisme, évolution, transformation) est l'instabilité qui, en architecture, est perçue aux différents niveaux d'interprétation et de compréhension.

2. Chaos, fractales et catastrophes comme expressions architecturales fluides

Le chaos, les fractales et les catastrophes constituent des notions qui, apparemment, n'ont pas de correspondances en architecture. Ces notions trouvent des applications dans les phénomènes physiques naturels, comme les turbulences, la dissipation de la fumée, l'évolution des nuages, etc. Puisque l'analogie entre l'architecture et la mécanique des fluides fait référence aux phénomènes physiques, qui impliquent le mouvement, l'évolution ou la transformation du monde vivant, l'objectif de ce chapitre se focalise sur les éléments mathématiques qui caractérisent leur aspect irrégulier. En considérant que les phénomènes physiques naturels irréguliers, comme les turbulences, ont été longtemps ignorés, la théorie du chaos a essayé pour la première fois de définir leur nature et de prévoir leur comportement. Pour déterminer leur géométrie, la théorie des fractales et, dans une certaine mesure, la théorie des catastrophes introduisent un nouveau système de référence, basé sur une relation entre continuité, fragmenté et discontinuité. Pour ces raisons, nous considérons la théorie du chaos, la théorie des fractales et la théorie des catastrophes comme des conceptions adjacentes à la mécanique des fluides afin de définir la fluidité architecturale. La dichotomie du chaos (le sens philosophique et le sens scientifique) se réfère d'un côté aux similitudes et aux différences entre ordre et désordre et de l'autre côté au rapport entre chaos et perturbation, tandis que les fractales et les catastrophes évoquent des théories potentielles du monde vivant. Ce chapitre est lié aux chapitres prochains, qui développeront la perspective organique, la perspective de la continuité formelle et spatiale et la perspective de l'ambiance. En considérant cette relation, il nous semble nécessaire d'expliquer d'abord les notions fondamentales des théories ci-dessus mentionnées, afin de comprendre le développement des perspectives de la fluidité architecturale.

2.1. Le Chaos : entre philosophie et science

Pourquoi nous sommes-nous intéressés au Chaos, comment est-il rapporté à l'architecture et sous quelle forme pouvons-nous le retrouver dans l'architecture contemporaine ? Voilà quelques questions qui précisent les lignes directrices de ce chapitre, en essayant d'interpréter le Chaos à la fois comme un processus et comme un résultat de la fluidité. La philosophie et les sciences portent des regards différents sur la compréhension du Chaos. Si la philosophie et la mythologie l'associent à la confusion et au désordre, les mathématiques, la physique et la biologie le considèrent comme la source de l'imprévisibilité.

2.1.a) Le Chaos originel : désordre et *clinamen*

En philosophie, selon Hésiode, le Chaos est considéré comme l'élément primordial du monde, associé au « dieu premier après lequel vient la terre » (Moro, 2009, p. 33). Aristophane présente le Chaos en tant qu'*Urstoff*¹, qui a généré toutes les choses², tandis que Platon interprète le Chaos (Khaos) hésiodique « comme un champ de turbulence et d'agitation désordonnée [...] qui l'associe toujours à l'absence de toute structure mathématique, donc à l'accidentel » en tant que « masse confuse » (Sorel, 2006, p. 19). Selon Aristote, le « Chaos serait l'entrebâillement, l'ouverture, le déploiement de l'espace » (*Ibid.*, 2006, p. 46) et selon Achille Tatius (à la fin du II^{ème} siècle de notre ère), il est associé au liquide ou « sinon un milieu liquide, au moins une masse fluide obscure, une entité dont l'absence de compacité trahirait son indétermination » (*Ibid.*, 2006, p. 27). Ovide présente le chaos originel « comme la cire informe sur laquelle le Dieu-architecte est censé imprimer son sceau » (Cunin, 2008, p. 64).

En outre, pour les épicuriens (ou les atomistes), le Chaos constitue l'effet du *clinamen*³ : « la chute des atomes en gouttes de pluie parallèles se muant à un moment donné en chaos turbulent par la vertu d'une ou de quelques déviations aléatoires » (Gigandet, 2001, p. 29). Selon Démocrite, le *clinamen* est relié au hasard et au spontané (en grec : *automaton*) qui « équivaut à l'absence de fin et, par conséquent, à l'absence de cause, c'est-à-dire d'explication rationnelle »

¹ Selon Marc Richir, l'*Urstoff* représente « la matière originelle de l'État » (Richir, 1996, p. 162).

² « Aristophanes [...] presents us with a similar example of Chaos as a first *Urstoff* out of which everything came » (Muller, 2008, p. 269).

³ Les épicuriens considèrent que le *clinamen* indique une déviation, selon laquelle la création du monde est devenue possible : « au commencement était une grande pluie verticale d'atomes dans le vide. En s'entrechoquant, les atomes se combinent, s'accrochent, les uns étant crochus, les autres lisses, et parviennent à s'agréger les uns aux autres pour dessiner, finalement, toutes les formes du monde. La difficulté est évidemment de comprendre comment, en l'absence de toute volonté créatrice, on passe d'une pluie verticale, où les atomes n'ont jamais la moindre raison de dévier de leur trajectoire ni de se rencontrer, à ces entrechoquements en série qui produisent le monde. Il faut imaginer une variation minuscule, une très légère déviation, une déclinaison, comme on dit, qui, en grec, se nomme le *clinamen* » (Droit, 2008, p. 60-61).

(Salem, 1997, p. 26). Selon Gilbert Simondon, l'atomisme représente la voie substantialiste qui, à côté de la voie hylémorphique⁴, constitue une des deux « voies selon lesquelles la réalité de l'être comme individu peut être abordée » (Simondon, 1964, p. 1). Le substantialisme atomiste révèle alors « la genèse du composé, comme le corps vivant, qui n'a qu'une unité précaire et périssable, qui sort d'une rencontre de hasard et se dissoudra à nouveau en ses éléments lorsqu'une force plus grande que la force de cohésion des atomes l'attaquera dans son unité de composé » (*Ibid.*, 1964, p. 2).

La philosophie place en général le Chaos à l'antipode de l'Ordre, défini par le terme grec *Kosmos*, terme qui est aussi associé au sens d'ornement et de beauté⁵. Selon Aristote, le Beau est rapporté aux éléments inchangeables, comme le domaine des nombres et de la géométrie, contrairement au Bien qui est rapporté à la pratique⁶. Les trois éléments qui définissent le Beau sont : le *taxis* (l'ordre), la *symmetria* (la commensurabilité intégrale⁷) et l'*horismenon* (le défini), donc évidemment, si le Chaos s'oppose au Beau (et implicitement à l'ordre, au défini et à la commensurabilité intégrale), il évoque le désordre et l'absence de logique.

2.1.b) Le chaos scientifique : irrégularité aléatoire

Les sciences analysent la théorie du chaos dans les systèmes dynamiques⁸ non linéaires⁹, qui se retrouvent dans les formes irrégulières qui abondent dans la nature. Les processus chaotiques

⁴ « Selon ce schème ; au contraire, [...] on n'assiste pas à l'ontogénèse parce qu'on se place toujours avant cette prise de forme qui est l'ontogénèse ; le principe d'individuation n'est donc pas saisi dans l'individuation même comme opération, mais dans ce dont cette opération a besoin pour pouvoir exister, à savoir une matière et une forme : le principe est supposé contenu soit dans la matière, soit dans la forme, parce que l'opération d'individuation n'est pas supposée capable d'apporter le principe lui-même, mais seulement de le mettre en œuvre » (Simondon, 1964, p. 3).

⁵ « The Greek word for the kind of order that is opposed to Chaos is *Kosmos* with its second attached meaning of "ornament" which can be traced in our present-day cosmetic ; consequently, Order for the Greeks does not seem to be dissociable from beauty and harmony » (Muller, 2008, p. 269).

⁶ « Aristotle, who loves distinguishing one thing from another, gives us a point to ponder when he determines that "good" always has to do with praxis, but "beautiful," in contrast, has to do above all with unchanging things, and therefore with the realm of numbers and geometry » (Gadamer, 2007, p. 203).

⁷ Selon Pierre Gros « La base du système, qui porte le nom de *symmetria* (ce qui signifie commensurabilité intégrale), n'est pas, comme c'était encore le cas chez Pythéas, une unité de mesure courante, mais une dimension propre à l'édifice, choisie en fonction de sa faculté à se diviser ou à se multiplier dans chacun des éléments de la construction ; cette dimension de base est le *modulus*, en latin, l'*embater* en grec : c'est elle qui permet, au sens propre, d'entrer dans les calculs qui ont présidé à la construction » (Coste, 2008, p. 76).

⁸ « The chaos referred to by mathematicians is not the chaos the Greek poet Hesiod describes in his *Theogony*. Neither is it the chaos Ovid refers to in his *Metamorphosis*. It designates a peculiarity of certain natural or artificial dynamical systems that of being a priori deterministic and yet behaving at times in an unpredictable way, with moments of unexpected behavior due to their sensitivity to their initial conditions » (Batt, 2008, p. 20).

⁹ La non linéarité est expliquée par rapport à la linéarité. Les systèmes linéaires supposent que la règle qui détermine le comportement d'une partie du système ne dépend pas de son comportement actuel (Peitgen, Jürgens, Saupe, 2004, p. 3). Les systèmes linéaires, définis par une géométrie simple permettent une détermination et une prévisibilité précise : « The simplicity of this geometry always allows a relatively easy mental image to capture the essence of a problem, with the technicality, growing with the number of parts, basically a detail, until the parts become infinite in number, although often then too, precise answers can be readily determined. The historical prejudice against

sont associés à « la fumée d'une cigarette qui s'élève en un mince filet avant de se dissiper dans l'air en formant une multitude de volutes et de tourbillons », au « cours d'eau qui ne s'écoule jamais suivant une vitesse uniforme, mais voit son débit contrarié par des obstacles qui provoquent l'apparition de remous » ou à la trajectoire d' « un mobile qui traverse un milieu (par exemple un bateau sur l'eau, un avion en vol) et qui laisse derrière lui une traînée turbulente » (Boutot, 1993, p. 54- 55). Dans les domaines scientifiques, la plus importante expression du chaos est l'imprévisibilité¹⁰ et contrairement à la définition philosophique, « aujourd'hui le terme de chaos se rapporte à une classe de phénomènes bien définis où l'imprédictibilité est certes présente, mais où n'en existe pas moins un ordre sous-jacent » (Bergé, Dubois, 2002, p. 343). Puisque le chaos impose l'existence de l'ordre et de la complexité¹¹, présentes dans le monde vivant, il devient un élément d'étude interdisciplinaire. Le chaos n'est plus interprété comme un désordre, mais plutôt comme l'irrégularité des systèmes complexes, des mouvements compliqués non aléatoires qui présentent une croissance très rapide des erreurs. Malgré le déterminisme parfait, cette croissance inhibe toute capacité pragmatique pour en rendre une prédiction exacte à long terme (Peitgen, Jürgens, Saupe, 2004, p. 6).

Nous avons constaté que le chaos originel suppose la présence du hasard (*clinamen*), mais est-ce que celui-ci existe aussi dans le chaos scientifique ? Dans le domaine scientifique nous parlons plutôt d'aléatoire (*randomness* en anglais) que de hasard, comme un paramètre de la complexité¹², qui ne permet pas de déterminer ou de prévoir d'avance le futur comportement. Un des plus pertinents exemples des phénomènes chaotiques est la turbulence, qui a été longtemps ignorée à cause de son comportement complexe. Elle constitue un système instable

nonlinear problems is that no so simple nor universal geometry usually exists. Chaos is absent in distorted linear problems. Chaos and other such phenomena that are qualitatively absent in linear problems are what we call strongly nonlinear phenomena » (*Ibid.*, 2004, p. 3).

¹⁰ Le passage du déterminisme à l'imprédictibilité s'appelle « transition vers le chaos », et il correspond à un moment précis, ni chaotique ni non chaotique. Donc, les erreurs se développent plutôt dans une prévisibilité marginale que d'une manière imprévisible : « The most important fact is that there is a discernibly precise 'moment', with a corresponding behavior, which is neither chaotic nor nonchaotic, at which this transition occurs. Yes, errors do grow, but only in a marginally predictable, rather than in an unpredictable, fashion. In this state of marginal predictability inheres embryonically all the seeds of the chaotic behavior to come » (*Ibid.*, 2004, p. 6).

¹¹ « Chaos breaks across the lines that separate scientific disciplines. Because it is a science of the global nature of systems, it has brought together thinkers from fields that had been widely separated. [...] Chaos poses problems that defy accepted ways of working in science. It makes strong claims about the universal behavior of complexity » (Gleick, 1987, p. 5).

¹² « The universe is randomness and dissipation, yes. But randomness with direction can produce surprising complexity. And as Lorenz discovered so long ago, dissipation is an agent of order » (*Ibid.*, 1987, p. 314).

et très dissipatif, ce qui signifie qu'elle draine l'énergie et crée la traînée. C'est un mouvement tourné aléatoirement¹³.

La stabilité et l'instabilité des formes ne dépendent pas de la fluidité des systèmes, mais elles dépendent de leur mouvement et de leur évolution. Nous nous intéressons au Chaos parce qu'il représente la source organique (fondée sur la morphogénèse) de la fluidité architecturale contemporaine. Paradoxalement, la morphogénèse n'est pas fondée sur la continuité, mais au contraire, c'est la discontinuité, « la rupture spontanée des symétries »¹⁴, qui génère des nouvelles formes.

2.1.c) Les géométries du chaos

La théorie du chaos fait largement appel à la théorie mathématique des systèmes dynamiques, le chaos étant considéré plutôt comme un processus que comme un résultat. Les géométries du chaos se réfèrent alors aux formes émergées de la transition vers un état irrégulier et imprédictible.

Les attracteurs étranges

Les attracteurs étranges constituent des représentations graphiques des systèmes dynamiques non-linéaires¹⁵. Une expression de ce comportement est l'attracteur de Lorenz, publié en 1963 par Edward Lorenz, qui indique le caractère chaotique de la météorologie. Cet attracteur étrange est un système dynamique non-linéaire qui simule l'écoulement bidimensionnel d'un fluide où les paramètres comme la température, la gravité, la flottabilité, les facteurs de diffusivité et de viscosité sont connus¹⁶. L'attracteur de Lorenz est fondé sur le modèle d'« un système de trois variables régies par trois équations différentielles [...]. Le fait que le modèle de Lorenz ne nécessite que trois variables explicatives permet de visualiser le fonctionnement d'un système

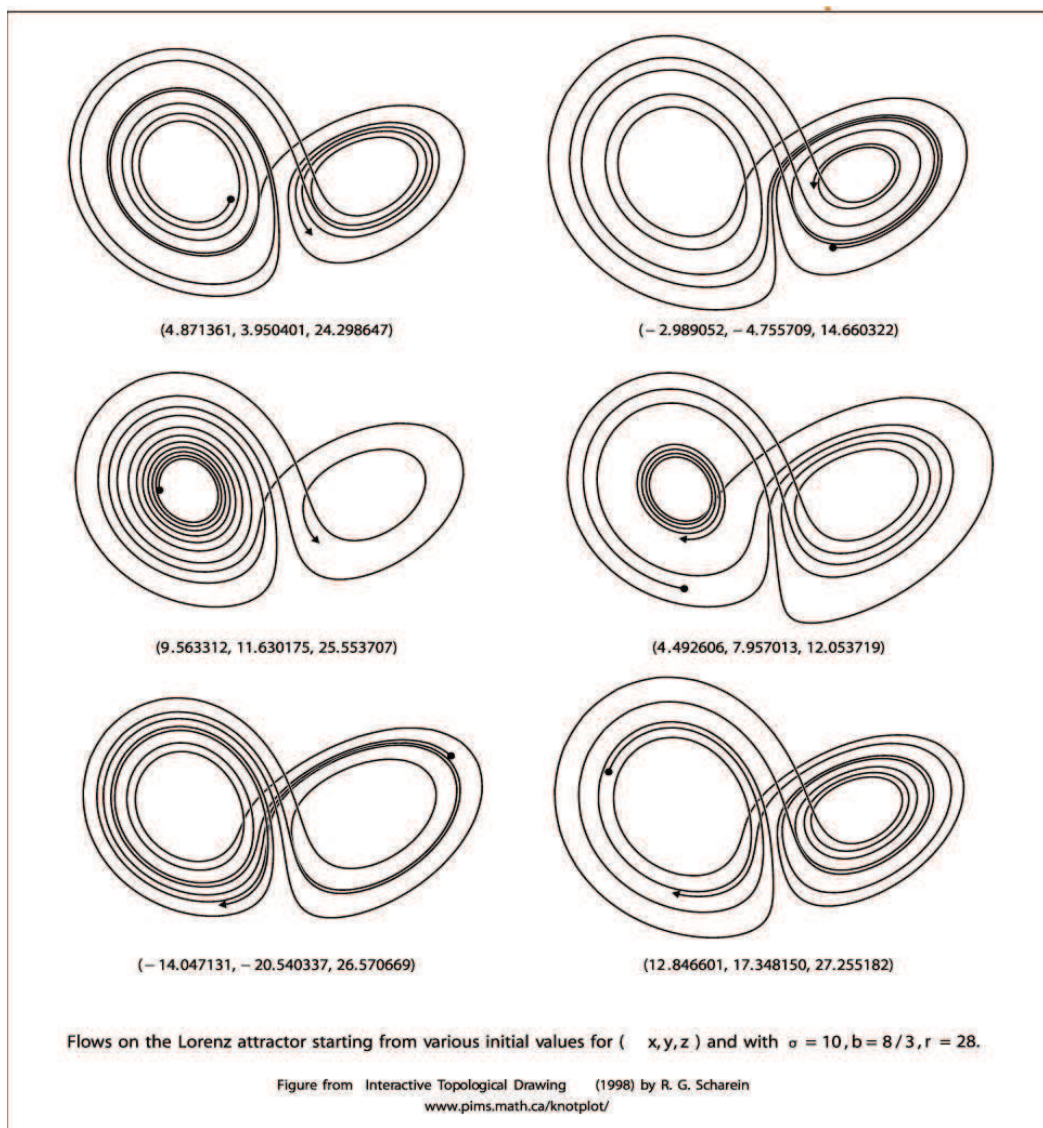
¹³ « What is turbulence then ? It is a mess of disorder at all scales, small eddies within large ones. It is unstable. It is highly dissipative, meaning that turbulence drains energy and creates drag. It is motion turned random » (*Ibid.*, 1987, p. 122)

¹⁴ Selon Yves Couder, dans *De la turbulence au cristal*, « la stabilité de la forme ne dépend pas directement de la fluidité du système. On peut avoir des formes fixes dans un liquide : par exemple un tourbillon peut être présent toujours au même endroit d'un écoulement liquide. En termes très généraux, l'apparition de formes dans un système initialement amorphe résulte de ce qu'on appelle " les ruptures spontanées de symétries " qui sont la caractéristique commune de tous les systèmes morphogènes » (Bouligand, Castellengo, Cohen-Tannoudji, et al., 1994, p. 30-31).

¹⁵ « L'"attracteur " est comme une "cristallisation" de la nécessité, une représentation géométrique d'une indétermination « déterminée ». Mais une fois arrivé sur celui-ci, le système "se rappelle" qu'il est chaotique, et c'est le hasard qui prend le dessus. Les trajectoires restent confinées, dans cette étrange "trajectoire de référence", mais le mécanisme d'amplification des petits écarts rentre en action, et le mouvement devient aléatoire » (Ekeland, 1999, p. 35)

¹⁶ « The Lorenz attractor is a non-linear dynamic system simulating the two-dimensional flow of fluid for given temperature, gravity, buoyancy (flottabilité), diffusivity and viscosity factors » (Dahan Dalmedico, 2011, p. 27).

chaotique à partir de la trajectoire d'un point dans l'espace à trois dimensions. [...] chaque trajectoire, au fil de ses volutes, dessine dans l'espace initialement vide un objet à deux anses qui ne ressemble à rien de ce que nous connaissons, tout à fait étranger aux figures classiques de la géométrie dans l'espace : le plan, le cube, la sphère, objets pleins et lisses, alors que celui-ci semble fait de lacunes et d'angles, comme s'il était étranger à notre espace à trois dimensions et avait du mal à l'occuper. L'évolution du système est entièrement déterminée par les équations de Lorenz. On la [la trajectoire] voit s'enrouler alternativement autour d'une anse, puis de l'autre, puis de nouveau de la première, puis encore de la seconde, indéfiniment et de manière aléatoire, sans que l'on puisse jamais prévoir à quel moment la trajectoire basculera d'un côté ou de l'autre. La figure qui apparaîtrait si on les laissait achever leur travail, porte le nom d'attracteur : il attire les trajectoires, toutes les trajectoires, quel que soit leur point de départ » (Ekeland, 1999, p. 34- 35).



© Rob Scharein, « Chart of the unpredictable states of the Lorenz attractor », 2007

Source : Dahan Dalmedico, 2011, p. 27

Figure 1. La forme des attracteurs étranges simule l'écoulement des fluides en fonction de leur température, gravité, flottabilité, diffusivité et viscosité.

Les attracteurs matérialisent la nature paradoxale des modèles non linéaires chaotiques, par l'imbrication du déterminisme et de l'imprévisibilité dans un système qui peut être « confiné sur son "attracteur" étrange certes ; mais son mouvement sur l'attracteur est libre » (*Ibid.*, 1999, p. 35). Contrairement à l'ordre, présent dans une certaine mesure dans les systèmes chaotiques, l'équilibre n'existe pas. Par conséquent, « l'attracteur étrange correspond à des phénomènes hors d'équilibre, qui ne reviennent jamais exactement à leur point de départ. Ils connaissent une évolution qui, parfois, est proche d'un cycle limite à un petit décalage près, mais qui tout aussi bien s'en éloigne ensuite sans qu'on puisse trouver à cela une règle » (Bachelet, 1998, p. 66).

Les fractales

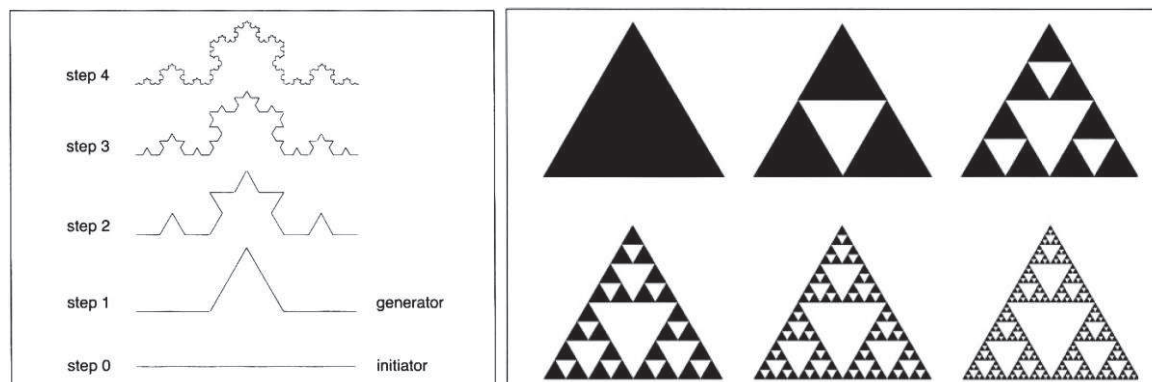
Apparemment, les fractales et le chaos ne présentent aucune similitude, car les fractales supposent une règle très évidente, tandis que l'entendement commun du chaos suppose la confusion et le désordre. Cette hypothèse n'est pas véritable car, en général, elle ne considère pas le chaos scientifique et les fractales naturelles, mais le chaos originel et les fractales classiques, invariants. L'adjectif « fractal » vient du latin *fractus*, qui signifie « irrégulier ou brisé » et selon Benoît Mandelbrot la nouvelle zone de l'ordre fractal se trouve entre le domaine du désordre incontrôlé et l'ordre excessif d'Euclide (Mandelbrot, 1995, p. 10).

Pour comprendre mieux la relation entre les fractales et le chaos, il faut que nous différencions d'abord les modèles fractals heuristiques (les fractales classiques, comme le flocon de Koch, le tapis et le triangle de Sierpinski, l'ensemble de Cantor, etc.) des modèles fractals qui se retrouvent dans la nature (les fractales naturelles). La différence se cache dans l'irrégularité des fractales naturelles, fondée sur l'introduction de l'aléatoire dans les modèles classiques¹⁷. Celle-ci, à côté de la complexité, constitue l'essence de la similitude entre les fractales et le chaos¹⁸.

¹⁷ Benoît Mandelbrot explique quelle est la source de l'irrégularité fractale : « pour engendrer l'irrégularité fractale, j'utilise des constructions que domine le hasard » (Mandelbrot, 1995, p. 6). Selon lui, « on semble avoir l'habitude de sous-estimer la puissance du hasard à engendrer des monstres. La faute en est due, semble-t-il, au fait que le concept de hasard du physicien a été modelé par la mécanique quantique et la thermodynamique, deux théories au sein desquelles le hasard intervient au niveau microscopique, où il est essentiel tandis qu'au niveau macroscopique il est "bénin". [...] Tout au contraire, dans les cas des objets qui nous concernent, l'homothétie interne fait que le hasard doit avoir précisément la même importance à toutes les échelles, ce qui implique qu'il n'y a plus aucun sens à parler de niveaux microscopique et macroscopique. Par suite, le même degré d'irrégularité qui, dans une construction certaine (sans hasard) comme celle de von Koch, avait dû être introduit artificiellement et pathologiquement, peut fort bien, lorsqu'une construction est aléatoire, devenir quasiment inévitable » (*Ibid.*, 1995, p. 44-45).

¹⁸ « [...] it was from the analysis of universality at the transition to chaos that we have come to recognize the precise mathematical object that fully furnishes the intrinsic geometry of these sorts of spaces. This object, a so-called scaling function, together with the mathematically precise delineation of universality, constitutes one of the major results of the study of chaos. Granted the broad range of objects that can be termed fractal, these geometries are fractal. But not the heuristic sort of 'dragons', 'carpets', 'snowflakes', etc. Rather, these are structures which are elaborated upon at smaller and smaller scales differently at each point of the object, and so are infinitely more complicated than the

(Peitgen, Jürgens, Saupe, 2004, p. 89) La théorie des fractales traite alors les formes qui « se caractérisent par une complexité intrinsèque, par une irrégularité fondamentale qui se manifeste à toutes les échelles d'observation » (Boutot, 1993, p. 31). Le hasard ou l'aléatoire



Source : Peitgen, Jürgens, Saupe, 2004, p. 89, 77

Figure 2. Deux modèles de fractales classiques : le flocon de Koch (à gauche) et le triangle de Sierpinski (à droite).



© Guzmán Lozano (photo)

© Glenn P. Parker (photo)

Source : Peitgen, Jürgens, Saupe, 2004, p. 122 ; flickr.com/photos/pictfactory/2120673441; flickr.com/photos/gpparker/3307345674

Figure 3. Contrairement aux fractales classiques, les fractales de type « l'ensemble de Julia » (à gauche) sont caractérisées par la présence du chaos dans leur structure (une petite perturbation au début peut transformer radicalement la forme finale). Ces structures se trouvent dans la nature.

sont des éléments proposés par la théorie du chaos, en tant que cause de certains phénomènes et appliqués par la théorie des fractales, en tant que conditions pour la création des modèles réalistes¹⁹. Selon Michael Baranger, l'aléatoire n'est pas le seul élément commun du chaos et des

above heuristic objects. There is, in more than just a way of speaking, a geometry of these dynamically created objects, and that geometry requires a scaling function to fully elucidate it » (Peitgen, Jürgens, Saupe, 2004, p. 6-7).

¹⁹ Un exemple qui exprime l'introduction de l'aléatoire dans un modèle fractal classique est la représentation de la côte d'une île. L'aléatoire est introduit dans la courbe de Koch pour rendre d'une manière plus réaliste la géométrie de la côte : « you may propose that the Koch snowflake curve, for example, may already serve as a good model for the coastline of an island. However, even though such exact self-similar curves have the desired scaling invariance and fractal dimension, they still are not perceived as realistic models of a coastline. The reason lies in their lack of randomness. To model coastlines, we need curves that look different when magnified but still invoke the same characteristic impression. In other words, looking at the magnified version of the coastline one should not be able to

fractales mais « un objet chaotique en espace s'appelle "fractale"²⁰ [...] chaque système dynamique chaotique est une machine de fabrication des fractales²¹ [...] chaque fractale peut être considérée comme le résultat possible de l'action prolongée de temps-chaos » (Baranger, 2010, p. 7). Un autre élément important commun est la non-linéarité, qui crée des fractales et du chaos par le biais de l'étirement et du pliage²² : la non-linéarité est révélée par le pliage, car « les solutions des systèmes linéaires ne se changent pas selon l'amplitude. S'ils commencent à s'étirer, ils s'étirent toujours sans se plier. C'est la non-linéarité qui plie » (*Ibid.*, 2010, p. 8).

Le pli – la première « catastrophe » élémentaire

Puisque les fractales sont fondées sur l'étirement et le pliage et parce que ce dernier décrit l'essence de leur constitution, un regard plus attentif sur la question du pli nous semble inévitable. Selon René Thom et la théorie des catastrophes²³, le pli représente une des sept catastrophes élémentaires²⁴. Selon Alain Boutot, « une catastrophe évoque, dans le langage ordinaire, un événement imprévu et tragique, un bouleversement dramatique de l'ordre des choses et du monde. Or il n'y a rien de tel dans la théorie de René Thom. Les catastrophes dont il y est question ont une signification mathématique bien précise. Il y a catastrophe lorsqu'une variation continue des causes entraîne une variation discontinue des effets » (*Ibid.*, 1993, p. 27-28). En mathématiques, une « catastrophe » est un « modèle topologique qui fait apparaître des discontinuités lors d'un changement continu des paramètres dont ce modèle dépend » (Bourguignon, 2000, p. 48). Le pli et la fronce (la deuxième catastrophe élémentaire) représentent également des éléments générateurs de nouvelles formes (de la morphogénèse) :

tell that it is indeed a magnification of the original. Rather, it ought to be regarded just as well as a different part of the coastline drawn at the same scale. We begin our discussion at just that point — introducing some element of randomness into the otherwise rigorously organized classical fractals » (*Ibid.*, 2004, p. 424).

²⁰ Selon Michael Baranger, le chaos peut s'exprimer par rapport à l'espace, qui se matérialise en fractales, et par rapport au temps, qui se matérialise en systèmes dynamiques (des systèmes dont la configuration est capable de changer pendant le temps). Le temps-chaos et l'espace-chaos sont étroitement liés (Baranger, 2010, p. 7).

²¹ « Take a chaotic dynamical system. Pick a simple region in its phase space, such as a sphere or a cube or any other simple volume. Consider this region as a locus of possible initial conditions. Then let time flow. As each point of the region follows its trajectory, the region itself moves and changes shape. In the course of its evolution, slowly but surely the region will turn into a fractal. The fractal builds up as time progresses and becomes complete at infinite time » (*Ibid.*, 2010, p. 7).

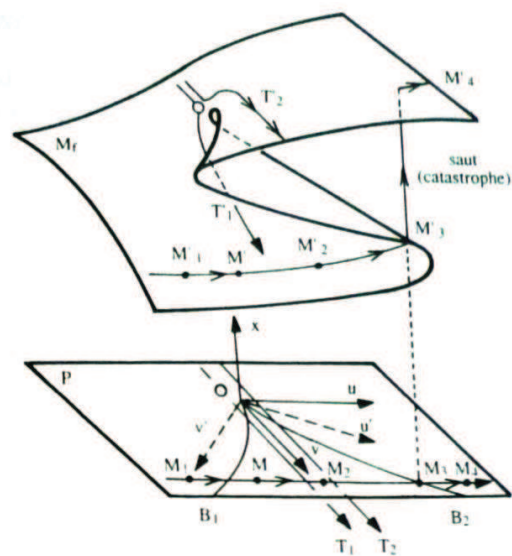
²² « And how does nonlinearity manufacture fractals and chaos? There is one and only one answer: stretching and folding. All flows and all maps that manufacture fractals do it by stretching and folding » (*Ibid.*, 2010, p. 8).

²³ « La théorie des catastrophes », développée par René Thom, constitue « un moment important dans les années 60 du développement de l'étude mathématique des singularités » (Bourguignon, 2000, p. 46), où les singularités sont des points de non-lissité pour une courbe ou pour une surface, des points où la différentielle de l'application n'est pas de rang maximum (exemple, pour une fonction, point où la différentielle s'annule) pour une application dans un espace numérique (*Ibid.*, 2000, p. 50).

²⁴ Selon René Thom, « Les catastrophes élémentaires sont les phonèmes du texte composé par les champs morphologiques ; la théorie des catastrophes élémentaires n'est à la théorie des catastrophes pas plus que la phonologie est à la grammaire » (Bourguignon, 2000, p. 50).

« la "théorie des catastrophes" a voulu préciser ce que peut donner une instabilité accidentelle sur un objet analytique préexistant. Cet algorithme permet de préciser la notion générale de "métamorphose". Quand une forme (F1) se métamorphose en une forme (F2), (F2) diffère de (F1), mais (F2) et (F1) ont quand même la même forme » (Bouligand, Castellengo, Cohen-Tannoudji, et al., 1994, p. 188). La théorie des catastrophes, comme la théorie du chaos, « postule un déterminisme sous-jacent, mais accepte qu'il reste caché » (Ekeland, 1977). Même si nous considérons le plus souvent le pli comme la continuité d'une surface ou d'une courbe, selon la théorie des catastrophes, il représente plutôt la discontinuité et l'interruption.

Enfin, les fractales, le chaos et le pli sont en fait des notions étroitement liées entre elles : les fractales constituent des géométries concrètes du chaos et même la géométrie des attracteurs étranges « présente une structure feuilletée fractale identique à elle-même à toutes les échelles » (Ekeland, 1999, p. 35). Le pli constitue le moyen par lequel les fractales sont conçues. De toute manière, les fractales constituent un paradoxe car elles incarnent l'expression d'une continuité vers l'infini par une infinité de plis (de discontinuités). La différence entre la théorie du chaos et la théorie des catastrophes est que cette dernière est « purement mathématique et ne fait appel à aucun principe physique » (Boutot, 1993, p. 29).



Source : Boutot, 1993, p. 81

Figure 4. La catastrophe de la fronce.

2.2. Le Chaos et la fluidité en architecture

Après avoir défini le chaos originel et scientifique (et ses géométries comme les attracteurs étranges ou les fractales), une question apparaît : quel est le lien entre tous ces concepts et la fluidité architecturale ? Outre le fait que l'étude du chaos et des fractales a débuté dans les milieux fluides²⁵, la fluidité, en tant que métaphore du chaos, de la fractale et implicitement du pli, évoque la complexité des formes de la nature ou le désordre apparent, fondé sur un ordre

²⁵ Les turbulences, la fumée, les nuages sont des éléments fondamentaux pour l'étude du chaos, tandis que la géométrie du mouvement Brownien (le mouvement aléatoire d'une particule immergée dans un fluide qui n'est soumise à aucune interaction sauf l'interaction avec les particules du fluide) est fractale.

sous-jacent. Continue ou fragmentée, la fluidité s'exprime par un dynamisme intrinsèque, transformé selon le discours architectural, en choc, désordre, étourdissement, ambiguïté, indétermination, évolution, vers la complexité d'un organisme, ou en formes continues soit « malumiennes », soit « takétiennes »²⁶.

Pour « mesurer » la fluidité et le chaos en architecture, nous empruntons à la physique le terme d'entropie. Cette notion, qui provient de la thermodynamique, recouvre la tendance de l'univers et de tout système isolé à l'intérieur à glisser vers un état de désordre croissant, irréversible. L'entropie suppose le mélange, le désordre et l'aléatoire²⁷. Métaphorisé en architecture, le terme caractérise la fluidité, exprimée par des attributs du chaos. Ainsi l'entropie varie à travers l'histoire de l'architecture, en dépendant des périodes et des mouvements, de l'esprit du temps, ou selon l'évolution des matériaux, qui a joué un rôle important dans la recherche et le développement architectural.

2.2.a) L'évolution du rapport entre chaos et l'architecture

Nous avons déjà souligné le fait que l'Antiquité a relié l'idée de chaos à l'idée de désordre, tandis que le cosmos a toujours été associé à la beauté. En évoquant le Beau, l'architectonique gréco-romaine exclut le Chaos. Le Beau doit se manifester à tous les niveaux de créations et par conséquent, l'atmosphère est représentée par la fluidité laminaire (e.g. l'ambiance du Panthéon à Rome). La fluidité turbulente et chaotique débute dans le système constructif des cathédrales gothiques, même si la fluidité de l'ambiance reste plutôt laminaire, comme l'effet de la lumière. Ce système évoque la complexité du monde vivant. Même si la théorie fractale a été énoncée dans les années 1970, nous pouvons considérer qu'il existe une analogie entre les attributs des fractales, en tant que géométries du chaos, et l'architecture gothique, car « formes ordonnées et complexité organique, ce serait le double apport à l'architecture de la géométrie fractale comme

²⁶ Mario Carpo présente dans *L'architecture à l'ère du pli* les deux formes visuelles abstraites utilisées par le psychologue Wolfgang Köhler dans sa publication *Gestalt Psychologie* en 1929. Les deux formes, l'une arrondie et l'autre anguleuse, sont associées à deux termes tout aussi arbitraires : « maluma » et « takete ». La plupart des sujets interrogés associaient le nom « takete » à la forme angulaire et « maluma » à la forme arrondie : « S'il est vrai que Rem Koolhaas, l'un des théoriciens de l'architecture les plus influents de la décennie, s'est obstiné à créer des formes takétiennes, la réalisation la plus représentative de l'époque, le musée Guggenheim de Bilbao, dessiné par Frank O. Gehry, était résolument malumien » (Carpo, 2003, p. 98).

²⁷ « The concept of entropy comes from thermodynamics, where it serves as an adjunct of the Second Law, the inexorable tendency of the universe, and any isolated system in it, to slide toward a state of increasing disorder. Divide a swimming pool in half with some barrier ; fill one half with water and one with ink ; wait for all to be still ; lift the barrier ; simply through the random motion of molecules, eventually the ink and water will mix. The mixing never reverses itself, even if you wait till the end of the universe, which is why the Second Law is so often said to be the part of physics that makes time a one-way street. Entropy is the name for the quality of systems that increases under the Second Law – mixing, disorder, randomness. The concept is easier to grasp intuitively than to measure in any real-life situation » (Gleick, 1987, p. 257).

instrument générateur : l'expression de la simultanéité de deux états traditionnellement contradictoires » (Moisset de Espanés, 1999, p. 135). Dans ce cas, grâce à la présence du chaos dans l'architecture et des fractales dans les vitraux, l'ambiance évoque une fluidité placide de la lumière. Ainsi, à l'échelle sensible, le chaos peut créer ordre et béatitude.

Nous pouvons considérer que cette fluidité turbulente a été introduite dans l'architecture baroque par Borromini et qu'elle est la résultante de la catastrophe élémentaire, le pli. Dans *Le Pli : Leibniz et le baroque*, Gilles Deleuze affirme que « le trait du Baroque, c'est le pli qui va à l'infini » (Deleuze, 1988, p. 5). En outre, selon Descartes, l'espace est « matériellement saturé » et la fluidité de la matière est révélée par des tourbillons (Amaldi, 2011, p. 27). Cette idée de tourbillon connectée à la matière apparaît aussi dans les théories du Leibniz où, « l'univers est comme comprimé par une force active qui donne à la matière un mouvement curviligne ou tourbillonnaire, suivant une courbe sans tangente à la limite » (Deleuze, 1988, p. 8). Ainsi, la fluidité turbulente est révélée par des ondulations de la matière, par la mollesse des lignes et par une continuité à l'infini, étant caractérisée par la liberté, l'élasticité et la complexité²⁸.

À travers l'histoire, le chaos a connu plusieurs expressions dans le champ de l'architecture. L'architecture baroque a considéré le chaos comme une fluidité lourde par l'ondulation et la courbure de la façade, la déformation des murs à l'intérieur et le dynamisme de l'espace. La Modernité s'est révélée comme réaction à la production architecturale jusqu'à cette époque-là. Le chaos n'a plus représenté la distorsion de la matière, mais il a été associé aux champs de forces et la relation baroque espace-matière-temps est devenue une relation espace-matière-temps-énergie où, selon Einstein, la matière-énergie courbe l'espace-temps (Bachelet, 1998, p. 118).

Les recherches plastiques futuristes de Boccioni et Carra sur la simultanéité du mouvement absolu et du mouvement relatif, sur la simultanéité des forces centrifuges et centripètes (lignes - force) et sur la simultanéité de l'objet, du milieu et de l'atmosphère, ont traité le dynamisme comme un critère principal dans la production artistique et architecturale. Ils ont métamorphosé le chaos « naturel », car « la Nature est là où existe le désordre, la confusion, le chaos [...] et surtout là où manque la main de l'homme » (Boccioni, 1975, p. 29), en un chaos concentré sur « l'homme bouleversé par la passion ou la folie du génie, les grands ensembles populaires, les

²⁸ « [...] un corps flexible ou élastique a encore des parties cohérentes qui forment un pli, si bien qu'elles ne se séparent pas en parties de parties, mais plutôt se divisent à l'infini en pli de plus en plus petits qui gardent toujours une certaine cohésion » (Deleuze, 1988, p. 8).

bruits métalliques, le rugissement des foules » (*Ibid.*, 1975, p. 29). Parcelliser²⁹, disséminer, répandre, volatiliser, disperser, déchiqeter, démembrer sont des processus caractéristiques du XX^e siècle, où « la parcellisation inclut également les images fractales, d'une géométrie non linéaire et fragmentée. Elle prend en compte, d'une manière plus générale, les phénomènes chaotiques qui amènent "l'objet fractal" à révéler son propre caractère "elliptique" intrinsèque (ou autocontrôle) pour la succession et la superposition permanente d'unités et de sous unités auto-ressemblantes et de chaos imprévisible et impondérable » (Strano, 1997, p. 84). Même si la fluidité et le chaos peuvent être retrouvés dans la période moderne, cette période n'est pas entièrement caractérisée par une fluidité architecturale. Le rapport entre le chaos et le début du XX^e siècle est expliqué par James Gleick, qui associe la sensibilité euclidienne, « inhumaine » (le géométrique) au Bauhaus³⁰, opposée au « chaotique », au naturel et au pittoresque³¹.

Dès les années 1950-1960, parmi les visionnaires et utopistes, deux tendances se développent par rapport à la relation entre l'architecture et le chaos : l'architecture du cosmos, élevée à l'état d'idéal et qui s'extrait du chaos urbain, et « l'architecture au contact de la sculpture », qui ramène le chaos et l'ambiguïté à l'échelle de la forme et de l'espace. La première suppose « une libération physique et mentale, réhabilitant la dimension profondément subjective de toute expérience urbaine » où « l'architecture devient une "situation" à expérimenter » (Brayer, [s.d.]) (Yona Friedman – Ville spatiale, 1959-1960, Haus-Rucker-Co – Pneumacism, 1967-1971, Coop Himmelblau – Villa Rosa, 1966-1970, etc.). La deuxième tendance constitue une réaction anti-fonctionnaliste, orientée vers « un travail expressionniste sur la masse » et vers « la voie de la forme libre, non-géométrique, évoquant le biomorphisme et l'art abstrait » (*Ibid.*, [s.d.]) (Ugo la Pietra – Casa par uno scultore, 1960, André Bloc – Sculpture habitacle, qui propose une expérience de l'espace à la fois plastique et architecturale, 1962 -1964 Vittorio Giorgini – Liberty, projet de communauté rurale pour des jeunes urbains, 1977-1979, etc.). Si la première tendance refuse le chaos et essaye de dépasser le monde ordinaire, la deuxième accepte la nature

²⁹ Le terme est utilisé dans le sens de « fragmenter », « diviser ».

³⁰ « To Mandelbrot the epitome of the Euclidean sensibility outside mathematics was the architecture of the Bauhaus. It might just as well have been the style of painting best exemplified by the color squares of Josef Albers : spare, orderly, linear, reductionist, geometrical. *Geometrical* – the word means what it has meant for thousands of years. Buildings that are called geometrical are composed of simple shapes, straight lines and circles, describable with just a few numbers. The vogue for geometrical architecture and painting came and went. Architects no longer care to build blockish skyscrapers like the Seagram Building in New York, once much hailed and copied. To Mandelbrot and his followers the reason is clear. Simple shapes are inhuman. They fail to resonate with the way nature organizes itself or with the way human perception sees the world » (Gleick, 1987, p. 116).

³¹ « Appreciating the harmonious structure of any architecture is one thing ; admiring the wildness of nature is quite another. In terms of aesthetic values, the new mathematics of fractal geometry brought hard science in tune with the peculiarly modern feeling for untamed, uncivilized, undomesticated nature. At one time rain forests, deserts, bush, and badlands represented all that society was striving to subdue. If people wanted aesthetic satisfaction from vegetation, they looked at gardens » (*Ibid.*, 1987, p. 117).

humaine et introduit le chaos dans l'architecture. Cette tendance a évolué jusqu'à aujourd'hui vers une architecture « escapiste », comme un processus en perpétuel changement.

2.2.b) L'architecture inspirée du chaos et l'architecture qui engendre le chaos

Le rapport entre le chaos et l'architecture est étroitement lié au rapport entre la fluidité et l'architecture. Ainsi, dans les projets architecturaux contemporains, nous pouvons trouver le chaos à deux échelles : à l'échelle de l'architectonique (l'architecture inspirée du chaos) et à l'échelle de l'ambiance, de l'ineffable (l'architecture qui engendre le chaos).

L'architecture inspirée du chaos concerne toute la production architecturale qui, par sa forme ou par ses espaces, exprime les particularités du chaos au niveau plutôt scientifique. Grâce à l'apport des outils numériques, l'architecture est « capable de s'adapter au contexte, de se développer et de se transformer, d'interagir avec son environnement, comme un organisme vivant » (Brayer, Migayrou, 2013). Par exemple, l'architecture organique contemporaine réussit à exprimer la complexité biologique chaotique qui se retrouve dans la théorie des catastrophes (le pli) et dans la théorie des fractales (Alisa Andrasek, Achim Menges, Marcosandmarjan, Eragatory, etc.). En outre, le terme de « turbulence » est de plus en plus présent parmi les projets contemporains, comme témoignage de la théorie du chaos (Peter Macapia – Turbulent Grid, 2007, Jakob + Macfarlane - Le centre FRAC Les Turbulences, 2013, Orléans, etc.).

L'architecture qui engendre le chaos concerne l'expérience sensorielle, l'ineffable, l'insaisissable qui dans la plupart de cas constitue l'expression d'une architecture virtuelle. Le bouleversement ressenti à l'intérieur de certains bâtiments, tels que le Pavillon de l'Eau douce, Waterland Neeltje Jans, Zeeland, 1994 de NOX, est associé à l'incertitude, à l'imprévisible et à l'étourdissement, au chaos philosophique.

L'énergie métaphorisée en architecture dans la période moderne devient plus concrète aujourd'hui grâce aux nouvelles technologies. Elle est matérialisée sous une forme plus robotique, qui répond à l'action des agents externes. On peut considérer que dans la production artistique et architecturale actuelle, c'est l'équilibre métastable³² qui engendre des nouvelles tendances qui bougent en temps réel car « les Anciens ne connaissaient que l'instabilité et la

³² L'équilibre métastable, rapporté à l'équilibre stable, est défini par Gilbert Simondon : « L'individuation n'a pas pu être adéquatement pensée et décrite parce qu'on ne connaissait qu'une seule forme d'équilibre, l'équilibre stable ; on ne connaissait pas l'équilibre métastable ; l'être était implicitement supposé en état d'équilibre stable ; or, l'équilibre exclut le devenir, parce qu'il correspond au plus bas niveau d'énergie potentielle possible ; il est l'équilibre qui est atteint dans un système lorsque toutes les transformations possibles ont été réalisées et que le système ayant atteint son plus bas niveau énergétique ne peut se transformer à nouveau » (Simondon, 1964, p. 6).

stabilité, le mouvement et le repos, ils ne connaissent pas nettement et objectivement la métastabilité. Pour définir la métastabilité, il faut faire intervenir la notion d'énergie potentielle d'un système, la notion d'ordre, et celle d'augmentation de l'entropie » (Simondon, 1964, p. 6). La fluidité turbulente et la fluidité laminaire se panachent dans une architecture vivante, qui peut s'inscrire dans une approche qui a persisté depuis les années 1950-1960. Ainsi aujourd'hui, « la notion de forme doit être remplacée par celle d'information, qui suppose l'existence d'un système en état d'équilibre métastable pouvant s'individualiser ; l'information, à la différence de la forme, n'est jamais un terme unique, mais la signification qui surgit d'une disparation. [...] La Bonne Forme n'est plus alors la forme simple, la forme géométrique prégnante, mais la forme significative, c'est-à-dire celle qui établit un ordre transductif à l'intérieur d'un système de réalité comportant des potentiels » (*Ibid.*, 1964, p. 22).

Cecil Balmond énonçait par rapport à l'informel qu' « il n'est pas aléatoire ni arbitraire, il se base sur la superposition, afin de mettre en évidence des séries de certitudes changeantes. Sa logique est contingente par rapport aux conditions initiales. Le chaos est considéré comme une succession de divers ordres, plutôt différents de l'idée que nous avons d'« attraper » l'arbitraire et de le nommer "ordre" » (Balmond, 1999, p. 40), et par rapport à la nouvelle structure des projets architecturaux que « la nouvelle structure considère la superposition et l'ambiguïté comme les bases de la conception, et la notion stricte d'ordre [...] est abandonnée en tant que méthodologie considérée comme fixe, réductionniste et, en dernière instance, limitant les possibilités. [...] S'il existe une symétrie, c'est dans la rencontre active des tendances séparées, seulement en équilibre durant un instant » (*Ibid.*, 1999, p. 46). L'architecture représente l'inspiration incarnée en concret, la fluidité fixée en tectonique, le chaos transformé en ordre, dont l'entropie connaît une perpétuelle augmentation.

Cette thèse retrouve les expressions du chaos, en différentes proportions, dans trois perspectives architecturales. L'effet du Chaos originel, qui indique l'ambiguïté, l'incertitude, l'imprécision et la confusion, caractérise dans une certaine mesure la fluidité de **l'architecture de l'ambiance**, en tant qu'**architecture qui engendre le chaos**. En revanche, les attributs du chaos scientifique (qui implique ses géométries : l'attracteur étrange, la fractale et le pli), comme la complexité, l'imprévisibilité, l'indétermination ou l'irrégularité, se manifestent dans **l'architecture organique** et dans **la continuité formelle et spatiale**, en tant qu'**architecture inspirée du chaos** (Figure. 5).

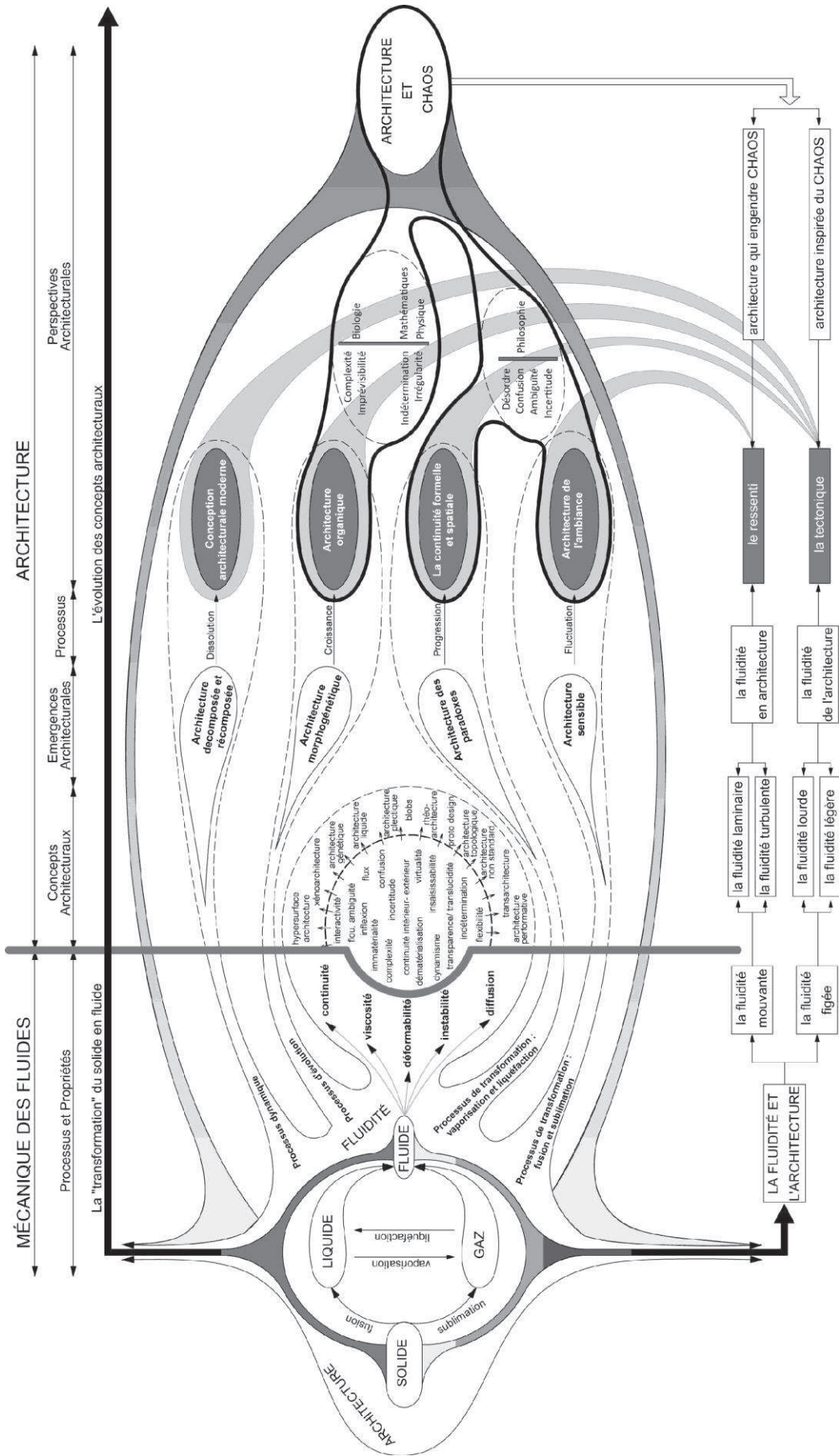


Figure 5. Le rapport entre le chaos et la fluidité architecturale.

Pour bien comprendre la raison pour laquelle nous étudions le chaos dans l'architecture contemporaine, nous devons prendre en compte le rapport entre l'architecture et le chaos, qui est aujourd'hui différent comparativement à leur relation dans l'Antiquité³³, est aujourd'hui changé : « L'architecture actuelle est à la recherche d'une nouvelle complexité. C'est une architecture qui réfléchit sur le chaos apparent, les distorsions et les déformations, les replis et les interstices. C'est une architecture qui construit les contradictions de l'explosion d'un espace dynamique porté à la limite de la fragmentation. C'est une architecture qui tente d'instaurer de nouvelles méthodes de représentation alternatives à celles utilisées de manière conventionnelle. [...] Cependant, derrière le mécanisme de la superposition, de la décomposition, et du dynamisme, existe une impulsion vers la cohérence et la consistance, vers un ordre sous-jacent qui est en réalité un système compliqué d'ordres superposés, inextricables et mutables dans leurs relations réciproques » (Moisset de Espanés, 1999, p. 134). Par l'étude du chaos, la fluidité touche de nouvelles qualités, en étendant ses possibilités et ses expressions, tandis que la nouvelle science constitue un nouveau début : « En refusant la logique linéaire et de seconde main d'une pensée hiérarchique de haut en bas, la nouvelle science embrasse ouvertement la complexité. On adopte la non-linéarité. La nouveauté est l'admission de l'interaction comme motif. Il y a superposition, et la simultanéité prend du pouvoir. D'une manière incroyable, ces points de départ du chaos sont considérés comme le chemin vers la stabilité et la cohérence, guidés par les désirs internes auto-organiseurs. [...] la nouvelle science propose par contre le plan comme point du départ, et la limite résultante comme surprise. L'ordre n'est qu'une partie transitoire du cadre, aux marges de la turbulence. Comme si c'était une chose capable de se rapprocher grâce à des improvisations internes, l'ordre, au sens d'organisation et de cohérence, est considéré comme un pari sûr, qui surgit du chaos et de l'imprévisible. Ces idées se meuvent face à l'entropie et à l'usure permanente sanctifiée en nous-mêmes, grâce à la seconde loi de la thermodynamique » (Balmond, 1999, p. 47).

La question du chaos, des fractales et du pli sera exemplifiée, de différentes manières et sous différents angles, dans l'architecture organique, dans la continuité formelle et spatiale et dans l'architecture de l'ambiance. Nous retrouvons leur expression dans la **fluidité de l'architecture** (la perspective organique et la continuité formelle et spatiale) et dans la **fluidité en architecture** (l'architecture de l'ambiance).

³³ « La perfection classique était considérée comme un processus de divers ordres, interdépendants et liés les uns aux autres, chacun d'entre eux au sein d'un autre. L'algorithme gouverne tout. Une géométrie symphonique se chargeait de promouvoir et de fournir l'espace » (Balmond, 1999, p. 43).

3. L'architecture organique : une évolution vers la morphogénèse architecturale

Les définitions de l'organique et de l'architecture organique sont nombreuses, différentes et parfois contradictoires. Il existe toujours une dichotomie de l'architecture organique¹, qui implique d'un côté l'inspiration formelle du monde vivant (l'imitation des processus de la nature²) et de l'autre côté l'inspiration organisationnelle du monde vivant (la dépendance entre la partie et le tout³). En considérant ce double point de vue et la confusion permanente entre les expressions de l'organique en architecture, de nouvelles questions émergent : pourquoi avons-nous choisi ce terme, assez ambigu, en tant que perspective de la fluidité architecturale et comment pouvons-nous reconnaître les qualités architecturales organiques du point de vue de la fluidité ? En premier lieu, nous avons choisi le terme d'« organique » en partant de certaines qualités de l'architecture contemporaine qui évoquent la « naturalisation »⁴ de l'objet construit.

¹ « L'organique, nous semble-t-il, peut se réduire à deux postulats : imitation des processus de la nature plus que des formes résultantes et unité du projet ("Le tout est à la partie comme la partie est au tout") » (Organique et fluide, 1999, p. 86).

² « Même s'il y a un certain flou dans la notion d'organique appliquée à l'architecture, et d'immenses variations dans les objets architecturaux produits par les architectes qui se réclament de cette notion d'organique, une constante est la référence aux formes de la nature [...]. [...] c'est l'emprunt aux "formes de la nature" qui reste donc la caractéristique majeure de l'architecture organique, comme d'ailleurs l'emploi courant, naïf du terme, nous le confirme » (Corcuff, Ecole D'Architecture De Bretagne, 1997, p. 28).

³ Michel Flais distingue (selon Aristote) trois conceptions du **TOUT** : le **tout général**, le **tout intégral** et le **tout analogue**. **Le tout général** décrit la somme des parties. Ce tout « est accidentel, extrinsèque dans son rapport avec les parties, lesquelles préexistent donc à l'assemblage ». Dans ce cas, les parties « s'additionnent et s'unissent ainsi, mais non pas en fonction d'un principe commun ».

Le tout intégral ou « universel » décrit plutôt le principe d'unité des parties selon leurs caractéristiques communes, « intrinsèque aux parties ». Donc cette conception du tout est fondée sur « la caractéristique commune, ou universelle, qu'un élément individuel possède pour être ce qu'il est, et qu'il partage avec un autre ». Ce tout intégral existe dans l'ensemble des choses naturelles même si « la différence entre une partie et une autre existe, mais, en ce cas, elle est accidentelle (ce mot désigne philosophiquement ce qui ne relève pas de la substance d'une chose, de ce qu'elle est) ». **Le tout analogue** définit, comme le tout général, l'élément individuel, mais il se réalise seulement « dans et par l'individualité de chaque partie, c'est-à-dire la différence qu'elle entretient avec les autres, différence qui ne lui est donc pas accidentelle mais substantielle ». Pour cette raison, « on ne parlera plus de parties, mais de singularités » (Flais, 2008, p. 10-11).

⁴ Le terme « naturalisation » est le titre de l'exposition « Naturaliser l'architecture », organisée par ArchiLab et FRAC Centre à Orléans en 2013-2014, et désigne l'approche architecturale inspirée du monde vivant.

Deuxièmement, l'« organique » constitue une notion qui se redéfinit en permanence, qui n'indique pas uniquement certaines caractéristiques architecturales à travers l'histoire, mais aussi l'évolution de la compréhension du terme. Pour cette raison, nous préférons redéfinir l'organique plutôt que de trouver un nouveau terme ou d'employer un terme récemment introduit dans le vocabulaire architectural. En outre, grâce à la polysémie de l'« organique », cette notion nous offre un champ théorique élastique, essentiel pour définir les approches de la fluidité architecturale.

Considérant que la fluidité architecturale est une dimension de l'architecture organique et qu'à travers l'histoire la notion d'« organique » a connu plusieurs définitions, l'objectif de ce chapitre est de fixer l'architecture organique dans un contexte actuel et d'expliquer ses expressions rapportées à la fluidité. Puisque les expressions de l'organique se transforment continuellement, nous consacrons une large partie introductive à la découverte de sa polysémie. Pourquoi est-il nécessaire d'expliquer en détail les théories autour du concept d'organique ? Parce que les différents aspects fluides de l'architecture dépendent, dans ce chapitre, directement des différentes expressions de l'organique. Le rapport entre l'organique et la fluidité se réactualise en permanence d'une manière fluctuante et non périodique. Afin de trouver le caractère fluide de l'architecture, nous devons tout d'abord déterminer la polysémie de l'organique. Pour cette raison nous organisons les définitions de l'organique en quatre catégories : l'organique comme relation entre la forme et la fonction, l'organique comme processus, l'organique comme analogie du monde vivant et l'organique comme l'antipode de l'inorganique.

L'affirmation de Frei Otto selon laquelle toute la nature, en incluant les plantes, les animaux ou les microorganismes « sont construits selon un système de montage unique et à partir d'un élément unique : un contenu fluide, entouré d'une peau résistante à la traction et flexible » (Otto, 1985, p. 9) ou la théorie de Vincent Fleury sur l'évolution des animaux, qui implique la modélisation de la matière par le biais de tourbillons, peuvent constituer un point de départ afin d'indiquer le lien entre l'organique et la fluidité. En passant par les interprétations de Louis Sullivan, Frank Lloyd Wright, Hugo Häring, William Katavolos, Hiroshi Hara, Bruno Zevi, Imre Makovecz ou, plus récemment, Greg Lynn, nous essayons de trouver la palette diversifiée d'expressions de l'architecture organique. Celle-ci ne désigne pas uniquement l'ensemble des théories développées pendant le XX^e siècle ou seulement les théories contemporaines, mais elle désigne leur imbrication. L'entrelacement de l'architecture expressionniste, de l'Art Nouveau, de l'architecture morpho-génétique, de la bionique, du proto design, de la xénoarchitecture et, dans une certaine mesure, de l'architecture plectique, constitue l'expression contemporaine de la

fluidité architecturale. La découverte de l'expression contemporaine de l'architecture organique et son rapport à la fluidité implique une exploration historique de cette relation. Donc, nous considérons que la fluidité architecturale, rapportée à l'architecture fluide,, s'exprime par : les fractales et le concept d'autosimilarité⁵ (présentes dans l'architecture des cathédrales gothiques et surtout dans l'architecture contemporaine), l'inflexion de la matière – le pli (dans l'architecture baroque de Francesco Borromini), la dématérialisation par des lignes en « coup de fouet » et l'inspiration végétale (Jugendstil ou Art Nouveau), l'ambiguïté entre vivant et minéral (l'architecture expressionniste), ou par les modèles structurels architecturaux empruntés aux systèmes structurels de la nature (l'architecture bionique de Frei Otto). Nous avons volontairement omis l'architecture de Frank Lloyd Wright, même si celle-ci évoque des caractéristiques fluides, car la conception de l'architecture organique développée ici est plutôt liée à l'idée d'ouverture spatiale, conception qui sera détaillée dans le prochain chapitre, dédié au rapport entre la fluidité et l'architecture moderne du XX^e siècle. Ses principes organiques seront toutefois annoncés dans la partie introductive de ce chapitre, afin de décrire la polysémie de l'organique.

3.1. La compréhension polysémantique de l'organique

Selon Siegfried Giedion, il existe deux tendances qui se manifestent à travers l'histoire : une tendance fondée sur le rationnel et sur le géométrique et l'autre tendance fondée sur l'irrationnel et l'organique. Ces deux tendances opposées ont toujours été présentes car « depuis les débuts de l'histoire, il y a eu des villes planifiées et des villes dont la croissance a été organique comme celle d'un arbre » (Giedion, 1990, p. 245). L'objectif de ce sous-chapitre est de vérifier si cette conception, qui oppose l'organique au rationnel, est toujours valide et appropriée par tous les architectes. En considérant que les expressions de la fluidité architecturale sont définies selon les expressions de l'organique, la compréhension de la polysémie du terme « organique » devient impérative.

Le terme « organique » apparaît pour la première fois, indépendamment du terme « biologie » (utilisé par Jean-Baptiste de Lamarck aux environs 1800), en 1690 chez Nicolas Lémery afin de distinguer la chimie minérale de la chimie organique. Malgré cette indépendance terminologique initiale, l'architecture organique a été toujours associée, sous différentes formes, à la nature. La question de l'ambiguïté de la croissance des organismes et des cristaux, qui a influencé la théorie

⁵ Nous considérons les fractales comme les éléments générateurs de la complexité du monde vivant, donc le chaos (*cf.* le chapitre dernier, les fractales constituent une des trois géométries, à côté des attracteurs étranges et du pli, du chaos) est interprété comme une des nouvelles références de l'organique.

de Frank Lloyd Wright, est expliquée par Peter Collins dans son ouvrage *Architecture moderne, principes et mutations (1750-1950)*⁶. En outre, l'intention de Caroline van Eck dans *Organicism in Nineteenth Century Architecture* est de différencier le naturalisme et l'organique, ou le biomimétisme et le biomorphisme, en précisant que « sont organiques les seules architectures prenant modèle sur les processus de la nature et en exclut donc celles n'en recopiant que les formes » (Polony, 1999, p. 102).

Au XIX^e siècle, le sculpteur américain Horatio Greenough [1805-1852], en essayant à dépasser la conception architecturale éclectique, « trouve l'analogie entre nature et architecture, typique pour tous les premiers fonctionnalistes » (Joedicke, 1971, p. 18). Selon Greenough, le terme d'organique ne se réfère pas à la forme des bâtiments, « au sens où cette notion est souvent utilisée aujourd'hui, à savoir la transposition de formes naturelles en architecture », mais ce terme indique plutôt la fonctionnalité, car les formes des bâtiments organiques sont réalisées « de façon à satisfaire aux besoins des utilisateurs » (*Ibid.*, 1971, p. 18). La liaison entre l'organique et la fonctionnalité peut être due à Goethe, qui revient, d'une manière nouvelle, au concept albertien de *concinitas* : « l'unité commune aux arts et à la nature ne s'appuie plus sur l'harmonie mais sur la fonctionnalité intrinsèque de l'organisme » (Polony, 1999, p. 102). Ces premières pensées peuvent constituer le fondement de l'interprétation architecturale organique de Louis Sullivan et Frank Lloyd Wright, comme une relation entre la forme et la fonction des bâtiments.

3.1.a) L'organique comme RELATION : forme et fonction

Un des premiers architectes qui interprète la relation entre la fonction et la forme d'une manière organique est Louis Sullivan [1856-1924], pour lequel la fonction et la forme sont « un tout inséparable », qui se trouve dans « une correspondance mutuelle ». La loi selon laquelle la forme suit la fonction est la loi « de tout ce qui est organique ou inorganique, de toutes les choses physiques et métaphysiques, humaines et surhumaines, de toutes les manifestations effectives

⁶ Collins présente la différence entre la biologie, ou « la science de la vie », et la morphogénèse, ou « la science de la forme » : « Le terme "biologie", ou science de la vie, fut inventé par Lamarck aux environs de 1800. Au même moment, le terme "morphologie", ou science de la forme, fut imaginé par Goethe qui, [...] donnait cependant au terme morphologie un sens beaucoup plus large qu'il ne l'a pour nous aujourd'hui (quand cette étude se borne à la comparaison et aux liens entre les structures vivantes ainsi qu'à leur évolution), et incluant des formes non vivantes comme les rochers. [...] À la fin du XVIII^e siècle, par exemple, Félix Vicq-d'Azyr rejeta l'ancienne comparaison entre la croissance des organismes et celle des cristaux, soutenant que les cristaux possèdent une régularité mathématique et une structure homogène, tandis que les organismes possèdent des formes arrondies et une composition complexe. En revanche, cinquante ans plus tard, Jacob Schleiden considérait que la vie n'était ni plus ni moins que "la force d'un système de construction". Il considérait que la croissance des cristaux et des organismes appartenait à la même catégorie de phénomènes. En 1898, Herbert Spencer affirmait encore que la croissance des cristaux et celle des organismes avaient "un processus essentiellement similaire". Sachant que ce furent principalement les recherches biologiques de Herbert Spencer qui influencèrent Frank Lloyd Wright, les effets potentiels de cette ambiguïté sont évidents » (Collins, 2009, p. 217).

de la tête, du cœur et de l'âme » (Joedicke, 1971, p. 21). Louis Sullivan évoque l'essence de la pensée fonctionnaliste, citée ou paraphrasée par toute la postérité, de F.L. Wright à Hans Scharoun, en passant par Hugo Häring : « Je crois que chaque problème contient et suggère par nature sa propre solution » (*Ibid.*, 1971, p. 20). Selon la pensée de Sullivan, l'organique ne signifie pas « fonctions sans formes et formes sans fonctions ; détails sans rapport avec les masses, et masses en rapport avec rien d'autre qu'avec la folie... » (Giedion, 1990, p. 246) ; l'organique signifie « la recherche des réalités [...] la sensation de vie » (*Ibid.*, 1990, p. 246).

Frank Lloyd Wright [1867-1959] est l'architecte qui a défini l'architecture organique comme une œuvre d'art complète, liée à la nécessité des habitants⁷, une entité fonctionnelle qui implique le bâtiment, son aménagement, le terrain et le paysage, comme un tout⁸, fondée sur la libre circulation spatiale entre les différentes zones d'habitation⁹. Les principes¹⁰ de l'architecture organique représente la « jeune architecture »¹¹, l'architecture nouvelle et moderne. En 1953, Frank Lloyd Wright conçoit un vocabulaire de 9 mots et expressions afin de définir et d'expliquer

⁷ En 1910, Frank Lloyd Wright expose les caractéristiques de l'architecture organique : « Faire ainsi de l'habitation humaine une œuvre d'art complète, en elle-même expressive et belle, intimement liée à la vie moderne et faite pour y vivre, se prêtant plus librement et de manière plus adaptée aux besoins personnels de ses habitants, entité harmonieuse en soi, dont la couleur, le motif et la nature correspondent aux nécessités pratiques et en soient l'expression réelle dans son caractère » (Conrads, 1991, p. 32).

⁸ « Ils doivent tous devenir de simples détails du caractère et de la finition du bâtiment. Il faut incorporer (ou exclure) l'éclairage, le chauffage et la ventilation. Il n'est pas jusqu'aux chaises, tables, placards et même instruments de musique qui ne doivent, dans la mesure du possible, faire partie du bâtiment et ne jamais en être des accessoires » (*Ibid.*, 1991, p. 32).

⁹ L'architecture nouvelle s'oppose à la pensée traditionnelle, une « mode imposée d'une époque où l'habitat est composé de cellules disposées en pièces séparées – salles faites pour contenir des assemblages de meubles, aussi réussis soient-ils, à l'exclusion des éléments du confort – avant tout, un souci de propriété ». Le bâtiment moderne, rapporté à l'« ancien agrégat insensé de pièces et de morceaux », devient une « entité organique » (*Ibid.*, 1991, p. 32-33).

¹⁰ « Le plan horizontal qui épouse la surface de la terre entre dans l'architecture organique pour compléter le sens de formes qui n'emboîtent pas des contenus mais expriment l'espace de manière imaginative. Voilà qui est moderne. Dans l'architecture organique, la ligne droite dure se transforme en pointillés dès que la rigidité n'est plus nécessaire. Cela permet l'emploi d'un rythme approprié laissant ses propres valeurs à ce qui est suggéré. Voilà qui est moderne. Dans l'architecture organique, la conception d'un bâtiment commence par le commencement et se poursuit incidemment par son expression pour ensuite revenir en arrière à tâtons. Voilà qui est moderne. Fatiguée de ces lieux communs éhontés toujours répétés où la lumière est réfléchi par des surfaces uniformes ou projetée de manière lugubre dans les trous qui y sont percés, l'architecture organique ramène l'homme face à face avec le jeu naturel de l'ombre et de la profondeur de l'ombre, qui offre une vision nouvelle puisée à la source de la pensée humaine créatrice et de la sensation innée et livrée à l'examen de son imagination. Voilà qui est moderne. Le sens de l'espace intérieur, qui est la réalité de l'architecture organique, s'allie avec les moyens étendus fournis par les matériaux modernes. Le bâtiment existe désormais dans ce sens de l'espace intérieur ; l'enceinte n'existe plus en termes de toit ou de murs mais d'« écran » délimitant l'espace. C'est cette réalité qui est moderne.

Par conséquent, dans la véritable architecture moderne, le sens de la surface et de la masse disparaît dans la lumière, ou dans des fabrications qui la combinent avec force. Et cette fabrication n'est pas moins l'expression du principe puissance-tendue-vers-un-but que dans n'importe quel accessoire ou machine moderne. Mais l'architecture moderne affirme le plus haut degré de la sensibilité humaine à l'espace exposé au soleil. Les bâtiments organiques ont la force et la légèreté de la toile d'araignée ; ils tirent leur qualité de la lumière ; ils se nourrissent du caractère originel de l'environnement ; ils se marient avec la terre. Voilà ce qui est moderne ! » (*Ibid.*, 1991, p. 152-153).

¹¹ « La jeune architecture » est le titre d'une conférence faite par F.L. Wright à l'Institut d'Art de Chicago, en 1931. Cette conférence s'adressait aux jeunes et futurs architectes.

l'architecture organique, qui contient : l'organique¹², la nature, la forme qui suit la fonction, le romantisme, la tradition, l'ornement, l'esprit, la troisième dimension et l'espace. La conception organique de Wright est un entrelacement entre ces notions, pas toujours très claire, à la fois très précisément et très vaguement définie : « Ce que Wright entendait par "architecture organique" n'a pas toujours été clair. Sigfried Giedion va jusqu'à affirmer (avec des bonnes raisons) que Wright était incapable de définir et d'expliquer ces termes. Le problème est que, pour Wright, cela signifiait beaucoup : formes cristallines, possibilité de croissance par ajout asymétrique, relation de la composition au site et au client, usage des matériaux locaux, singularité de toute chose créée, nécessité pour tout artiste de consacrer à son œuvre la totalité du tréfonds de son être, et ainsi de suite » (Collins, 2009, p. 225). L'architecture organique, dans la vision de F.L. Wright, repense pour la première fois les qualités architecturales du point de vue du rapport interrelationnel entre : la partie et le tout (l'unité organique¹³), le construit et la nature, le client et la fonctionnalité, l'extérieur et l'intérieur, l'ornement¹⁴ et le vernaculaire¹⁵. Dans ce cas, l'organique évoque une fluidité spatiale, soulignée par l'ouverture de l'espace et par la « destruction de la boîte ». Pour cette raison, nous considérons l'architecture de Frank Lloyd Wright comme un élément marquant pour la définition de la fluidité architecturale, mais plutôt du point de vue de l'architecture moderne du XX^e siècle, qui sera analysée dans le prochain chapitre.

3.1.b) L'organique comme PROCESSUS : résultat plutôt que forme *a priori*

Selon Hugo Häring [1882-1958] l'architecture organique correspond à un organe, sa forme indiquant le résultat du travail et des techniques de construction : « Nombreux encore sont ceux qui ne peuvent pas imaginer une maison comme une entité entièrement organique, dont la forme soit l'aboutissement d'un travail, qui ne peuvent pas la considérer comme la deuxième peau de

¹² Le terme organique « ne désigne pas simplement ce qui est suspendu à l'égal du boucher, ce qui se déplace sur deux pieds ou est cultivé dans un champ. Il renvoie à l'entité ; peut-être serait-il préférable alors de dire "intégral" ou "intrinsèque". Dans l'emploi particulier qu'en fait l'architecture, "organique" signifie que la partie est au tout comme tout est à la partie. L'entité prise dans son intégralité est donc ce que signifie réellement le mot "organique". Organique, c'est-à-dire INTRINSÈQUE » (Wright, 2003, p. 359).

¹³ « Le site, la structure, l'ameublement, la décoration et les plantations sont indissociables dans l'architecture organique. Ce que l'on appelait avant « décoration », paysagisme, éclairage, etc., ainsi que dispositifs modernes (les appareillages mécaniques, comme les climatiseurs) tout cela est maintenant intégré à la structure même du bâtiment. Tous ces éléments entrent donc dans la synthèse des particularités de l'habitation et tous s'harmonisent avec l'environnement » (Wright, 2005, p. 194-195).

¹⁴ « L'ornement est le véritable attribut de toute nature humaine. Dire qu'un ornement est authentique revient à dire qu'il est vernaculaire. L'ornement est intrinsèque à l'être humain en tant qu'être humain » (*Ibid.*, 2005, p. 133).

¹⁵ « Par vernaculaire, j'entendais que la nature intime du principe poétique était juste dans toutes ses manifestations. Voilà, la vérité de tout objet ou de toute condition ; c'était pour moi le sens inné de l'origine. L'originel » (*Ibid.*, 2005, p. 96).

l'homme et donc bien comme un organe. Et pourtant cette évolution semble inévitable. Grâce à une nouvelle technique qui utilise des structures légères, des matériaux élastiques et flexibles, la maison n'est plus rectangulaire ni cubique et peut adopter toutes sortes de formes. C'est le déplacement graduel du structurel à l'organique qui s'effectue dans l'ensemble de notre vie intellectuelle et a déjà partiellement abouti, qui a mobilisé, contre la géométrie, la forme, expression d'un travail accompli » (Conrads, 1991, p. 154). La forme ne constitue pas le point de départ, elle incarne plutôt l'essence et l'individualité de l'objet, et non l'individualité de l'architecte¹⁶. Son approche de l'architecture organique est adjacente à la vision de F.L. Wright car il cherche le principe formel existant dans la nature, comme élément générateur de l'architecture, comme « principe de la forme en tant que réalisation d'une performance » (Joedicke, 1971, p. 23), sans imiter les formes naturelles.

En 1966, Hiroshi Hara publie un article dans *L'Architecture d'Aujourd'hui*, sous le nom de « La théorie de l'espace organique "foramen"¹⁷ ». La théorie développée par Hiroshi Hara est partiellement reliée aux définitions précédentes de l'architecture organique car elle prend en compte l'individualité comme base de la création. Elle conteste le fonctionnalisme basé sur l'architecture de « boîte à habiter et à travailler », qui est « l'exemple le plus déshonorant », en illustrant la perte de la responsabilité et de l'individualité. Selon Hara, l'individualité est représentée par des « parties d'un programme », considérée et traitée comme un « élément constructif essentiel ». L'architecture proposée est ainsi réalisée par la composition de plusieurs cellules, selon la conscience humaine, dans un ensemble qui « ne serait pas une forme "a priori", mais un système d'éléments intégrés » (Hara, 1966, p. LXIII). Chaque « cellule » de l'organisme architectural est désignée par un volume¹⁸ comme élément de base de l'architecture. Donc, la théorie du *foramen* décrit la possibilité de composition des différents volumes de base, qui peut conduire à « une nouvelle esthétique contrôlée, où l'on peut obtenir toute liberté dans la conception et le développement de l'élément de base comme dans l'ensemble du système qui en découle » (*Ibid.*, 1966, p. LXV). Dans ce cas, comme dans le cas d'Hugo Häring, l'architecture

¹⁶ « Le besoin de créer des formes entraîne continuellement l'artiste à des tentatives stylistiques, à l'extension, à des fins expressives, des formes bien au-delà des objets – alors qu'avec la forme « aboutie » tant qu'il ne renonce pas à son individualité. Car ce travail sur la forme n'a pas pour objectif d'accomplir la personnalité de l'artiste mais d'exprimer, aussi parfaitement que possible, la substance essentielle d'un objet utilitaire. [...] Il reste toujours une différence essentielle entre l'ingénieur et l'architecte. L'ingénieur a pour seul objectif d'accomplir un travail matériel dans les limites du domaine économique. Que le résultat de son travail comporte fréquemment aussi d'autres qualités expressives est un phénomène accessoire. En revanche, l'architecte crée une « forme », une œuvre spirituellement animée et accomplie, un projet qui entre en résonance avec une idée, une culture plus élevée. [...] On n'anime pas un objet, un bâtiment, en lui donnant une forme à partir d'un point de vue qui lui est étranger, mais en éveillant et en cultivant la forme enfouie en lui et qui lui est propre » (Conrads, 1991, p. 154-155).

¹⁷ Le terme latin *foramen* (pl. *foramina*) désigne un trou dans un os ou dans un tissu du corps.

¹⁸ Chaque volume constitue un « lieu d'expérimentation des rapports entre l'homme et les conditions d'habitabilité : lumière, son, etc. » (Hara, 1966, p. LXIII).

devient organique par un processus de composition des différentes parties du programme architectural, considérées comme des « cellules » individuelles.

En 1960, William Katavolos décrit l'architecture organique en relation avec les nouvelles découvertes de la chimie et la production de nouveaux matériaux¹⁹. L'idée de « cellules » qui forment l'organisme est présente aussi dans la théorie de Katavolos, mais sous une autre forme, car il imagine « la croissance de la ville nouvelle moulée sur la mer, faite de grands cercles de substances huileuses engendrant des modules dans lesquels on coule du plastique pour former un réseau de bandes et de disques qui gonflent et donnent naissance à des tores et des sphères, qui se perforent pour répondre à toutes sortes de besoins » (Conrads, 1991, p. 199). Les fenêtres imaginées sont remplies par des produits chimiques, qui servent à chauffer, à refroidir et à nettoyer, tandis que les plafonds et les planchers recréent les principes du monde minéral et animal²⁰. L'architecture est considérée comme un organisme qui peut être créé sur n'importe quel site et qui se trouve dans une relation de dépendance avec l'environnement. L'analogie avec les processus du monde vivant se matérialiserait par le fait qu'après leur croissance, les bâtiments « se subdiviseraient ou fusionneraient pour remplir des fonctions plus importantes », dans un développement continu : l'architecture est ainsi conçue d'une manière instantanée²¹.

Une autre approche de l'architecture organique est celle de Bruno Zevi, qui la définit comme l'architecture dans laquelle l'espace détermine la configuration des pièces. Contrairement à l'architecture non organique, dédiée à la conception formelle de la « boîte de construction », prévalant sur le contenu, l'architecture organique est le résultat d'un processus dynamique. Zevi considère que l'architecture organique s'oppose à l'architecture classique et le processus de croissance constitue l'élément qui les différencie. L'architecture organique ne caractérise pas la forme finie, mais plutôt le processus d'évolution du projet, capable de transformer en permanence la forme selon une approche *bottom-up*, opposée à l'approche classique *top-down*²².

¹⁹ Les nouveaux matériaux sont des « matériaux pulvérulents et liquides qui soumis comme il convient à certains agents d'activation connaissent une forte expansion puis se catalysent et durcissent. [...] Dans ces conditions, il sera possible d'utiliser d'infimes quantités de poudre et de provoquer leur expansion selon des formes fixées à l'avance telles que sphères, tubes et tores » (Conrads, 1991, p. 199).

²⁰ « [...] les motifs des plafonds se créent comme des cristaux, les planchers se forment comme des coraux. [...] Les planchers fixes fournissent tout ce qui est nécessaire à la vie, variété immense de pieds amovibles enfichés dans des claies cellulaires permanentes » (*Ibid.*, 1991, p. 199-200).

²¹ « [...] les maisons de ce type grandiraient jusqu'à une certaine taille, se subdiviseraient ou fusionneraient pour remplir des fonctions plus importantes. On réaliserait de grandes voûtes en projetant des jets paraboliques qui catalyseraient au contact de l'air. Formes explosives d'une architecture instantanée faite de transformations en densités désirées, dans des directions connues, pour des durées calculées » (*Ibid.*, 1991, p. 202).

²² « L'architecture classique part d'une forme et en subdivise l'intérieur ; l'architecture organique naît de l'intérieur et se déploie ; elle est formation plus que forme ; elle manifeste un processus de croissance, et fait exploser l'espace, à moins qu'elle ne le régénère comme cela se produit chez Borromini. À l'objet fini de l'architecture classique, on ne peut rien ajouter ni retrancher ; c'est une architecture gouvernée par la symétrie ou la proportion ; au contraire, l'architecture organique décrit et exalte non l'objet, mais la vie qui le détermine » (Zevi, 2002, p. 976).

Du point de vue de la fluidité, nous nous intéressons à l'architecture organique comme processus, car la croissance, l'évolution et la transformation continue sont des caractéristiques du monde en général, y compris les fluides. En réalité, il n'existe pas d'éléments statiques, qui ne se transforment pas, qui ne se trouvent pas dans un état soit de progression, soit de dégradation. Cette dynamique a été longtemps niée par l'architecture classique, en supposant qu'elle peut incarner la pérennité et la permanence. Même s'il existe des accents à la fois organiques et fluides à travers l'histoire de l'architecture, comme l'interprétation fractale de l'architecture gothique ou les plis baroques, la pensée de l'architecture comme processus évolutif plutôt que forme *a priori* constitue le fondement de l'organique contemporain. Celui-ci se rapporte à la fluidité architecturale par une complexité formelle, traduite par les géométries du chaos²³ et par une dynamique permanente.

3.1.c) L'organique comme ANALOGIE du monde vivant

L'interprétation personnelle et originale de l'architecture organique dans la vision d'Imre Makovecz implique une analogie entre la verticalité de la maison et le monde vivant. La substructure et la superstructure de l'architecture de Makovecz trouvent leurs équivalents dans le modèle évolutif et métaphorique du monde vivant, soit biologique²⁴, soit animal²⁵. Même si l'architecture de Makovecz ressemble à une conception biomorphique, selon Dezsö Ekler, c'est la conception goethéenne²⁶ qui est appliquée par Makovecz dans toute son œuvre. Donc, l'organique de Makovecz n'est pas la copie des formes végétales, mais elle suit le modèle évolutif métaphorique du monde vivant, matérialisé par la structure « adéquate pour ses espaces anthropo-organiques²⁷ », capable de réactualiser les « poteaux fourchus de l'architecture

²³ Les géométries du chaos ont été définies antérieurement et elles se réfèrent aux attracteurs étranges, aux plis et aux fractales.

²⁴ « La substructure, avec ses colonnes comme des troncs d'arbres, symbolise la terre (puisqu'ils viennent de là) ; la superstructure, avec ses chapiteaux de feuillage ou rameaux, exprime « l'amour » du soleil et de la vie » (Boulet, Gulbert, Kaldi, 1985, p. 116).

²⁵ « Les mots suivants ont aidé à orienter mes travaux : *talp* (semelle), *lab* (jambe), *tèrd* (genou), *gerinc* (colonne), *orom* (nez), *homlok* (front), *arc* (face), *ustök* (chevelure), *konty* (chignon), *szarv* (corne), *szemöldök* (sourcil), *szem* (œil), *szarny* (aile), *vall* (épaule), etc. [...] Si je me mets dans un état d'âme artificiel et détaché de ce monde, imaginant n'avoir jamais vu une maison, pour en imaginer une, je pense aux mots-expressions mentionnés ci-dessus ; alors, un être singulier surgit devant moi, avec des yeux (yeux-fenêtres), des sourcils, un front, une chevelure, une colonne vertébrale, des bras, des pieds, etc. » (*Ibid.*, 1985, p. 116).

²⁶ « La plante primordiale de Goethe réunit en elle-même tous les changements formels de la vie des plantes, et représente la loi commune organisatrice de ces changements » (*Ibid.*, 1985, p. 111).

²⁷ Pour Makovecz, l'architecture anthropomorphique est évoquée comme l'incarnation de l'esprit par le corps humain, sous la forme de la métaphore hongroise : « at the end of the 20th century, meta-nature is controlled by money and information. [...] My concern is with the way that spirit is incarnated through the human body and appears in the shape of the Hungarian metaphor. This is antropomorphic architecture, but in truth it is anthropomorphic only in the same way that human speech is possible with the help of the mouth and throat. This architecture creates a world of lifelike objects somewhere on the borderline between heaven and earth. It is meant to be the new alternative: life lived

traditionnelle ou les chapiteaux à forme végétale de l'architecture antique » (Boulet, Gulbert, Kaldi, 1985, p. 111). Même si l'architecture organique de Makovecz, influencé au début par Frank Lloyd Wright et par Rudolf Steiner, évoque une fluidité au niveau de la structure en bois, et implicitement de l'espace et de la forme, nous n'insistons pas sur cette question car cette analogie a été souvent employée en architecture. L'interprétation de l'analogie du monde vivant ne constitue pas l'objectif de notre chapitre car nous essayons de trouver des nouvelles expressions de la fluidité reliées à l'organique, mais chaque fois d'une manière innovante et non répétitive. De toute façon, nous considérons qu'une présentation détaillée de l'organique nous permet de discerner à la fois les interprétations qui appartiennent à la fluidité architecturale et de redéfinir l'organique dans le contexte contemporain.

3.1.d) L'organique comme l'ANTIPODE de l'inorganique

En 1993, Greg Lynn publie l'article *Multiplicitous and in-organic bodies*, où l'approche de l'organique est différente, et d'un certain point des vue même opposée aux approches précédentes. L'idée d'une architecture qui constitue un tout, un ensemble est conservée selon la conception de Lynn, mais la différence est qu'elle ne représente pas l'architecture nouvelle et moderne, mais plutôt l'architecture classique, le modèle idéal, fondé sur une rigueur géométrique et proportions²⁸. Donc, les termes d'« organique », d'« organisme » et d'« organisation » peuvent être utilisés de manière inter-changeable dans la mesure où ils délimitent tous des choses qui constituent des totalités (« whole » en anglais). Ces totalités contiennent « à la fois une frontière extérieure rigide, "à laquelle rien ne peut pas être ajouté ou soustrait sans compromettre l'équilibre de la composition", et un espace intérieur fermé aux éventuelles influences imprévues des forces externes »²⁹.

Si nous prenons en compte la nouvelle interprétation de l'architecture organique selon Greg Lynn, la fluidité architecturale se réfère plutôt à l'architecture inorganique. Il différencie l'organique et

consciously, closer to a new frontier » [Extract from the interview with Imre Makovecz by Nigel Hoffmann, first published in *Transforming Art*, 1991, N°5, Sydney] (Makovecz, 1993, p. 16).

²⁸ « This geometric system of proportions, as [Rudolf] Wittkower, [Colin] Rowe and Vitruvius have argued, is itself a whole. This description of architecture as a harmonic, naturally proportioned organism is indebted to the operation of two 'purloined secrets' within an inviolate interior geometry and the body [...] Architectural types organize amorphous matter. Architectural proportion, moreover, achieves the transcendental status of an abstract holistic and organic body. It adopts the logic of an organism, which is above and beyond either mathematics or matter. What distinguishes harmonic proportions from mathematical measure is the value granted to specific ratios based on the symmetrical unity of all parts to a whole » (Lynn, 1993, p. 30).

²⁹ « The terms *organic*, *organism* and *organisation* can be used interchangeably to the extent that they all delimit things which are whole – that is, containing both a rigid external boundary, 'to which nothing can be added or subtracted without jeopardising the balance of the composition', and an interior space closed to the unpredicted and contingent influences of external forces » (*Ibid.*, 1993, p. 31).

l'inorganique par une comparaison rapportée à l'organisation interne : si l'organique évoque la cohérence interne, l'inorganique évoque la discontinuité interne et la capacité d'une multiplicité de connexions imprévues³⁰. Selon Lynn, l'architecture actuelle³¹, caractérisée par une géométrie plus fluide, flexible, souple et déformable, se trouve à l'antipode de l'architecture organique³². L'inorganique est aussi défini par la métaphore des « écrits informels »³³ de Bataille qui, introduits en architecture, conduisent à différentes alliances entre la géométrie et l'organisme, en résultant des corps *anexacts*, pluriel temporels, souples, fluides, disproportionnés et monstrueux³⁴. Afin de définir l'inorganique, Lynn prend en compte le concept de « corps-sans-organes » proposé par Gilles Deleuze et Félix Guattari dans leur œuvres communes *L'Anti-Œdipe* et *Mille Plateaux*. L'interprétation de l'organique dans la vision de Lynn indique une réaction à la pensée de l'organique du début du XX^e siècle : « en architecture, l'alliance statique présente entre la géométrie rigide et les organismes, en tant que tout unitaire, ne peut pas être entièrement surmontée, mais elle peut être rendue plus flexible et fluide à travers l'utilisation de la géométrie plus souple ou déformable »³⁵ (Lynn, 1993, p. 32). Le corps-sans-organes évoque une alternative au paradigme organique du corps unitaire. Il s'exprime par un corps pluriel qui est toujours inférieur à un organisme unique, composé par l'affiliation de nombreux organes. Selon Lynn, ce modèle, caractérisé par la perte des frontières internes, permet à la fois « l'influence d'événements extérieurs au sein de l'organisme et l'expansion de l'intérieur vers l'extérieur, ce qui génère un corps qui est essentiellement inorganique »³⁶.

Même si Lynn, dans son article, différencie seulement l'organique de l'inorganique, nous pouvons conclure que, rapporté aux définitions précédentes, son discours décrit deux types d'organismes : les organismes organiques et les organismes inorganiques. D'un côté, les organismes organiques

³⁰ « Where the organic is internally consistent, the 'inorganic' is internally discontinuous and capable of a multiplicity of unforeseen connections » (*Ibid.*, 1993, p. 32).

³¹ La notion « actuelle » se réfère ici à l'année 1993, quand l'article a été publié.

³² « A more supple geometric description of architectural form would necessarily loosen the connection to organic models of proportional harmony and stasis through a flexible compliance to particularities » (Lynn, 1993, p. 32).

³³ « Bataille's idea of the *informe*, or 'formless', recognizes the capacity to both define and defer form within a practice of writing. This 'informal' practice writes the anomalies in a manner that is amorphous » (*Ibid.*, 1993, p. 32).

³⁴ « Informal writings within architecture leads, as previously suggested, towards a different kind of alliance between geometry and the organism, resulting in anexact, multiplicitous, temporal, supple, fluid, disproportionate an monstrous spatial bodies » (*Ibid.*, 1993, p. 32).

³⁵ « Deleuze and Felix Guattari have proposed such a model for a 'body without organisation': the organic, bound by a unified and internally consistent model of the organism, is reformulated as a multiplicity of affiliated organs without any single reductive organisation. In architecture, the present static alliance between rigid geometry and whole organisms cannot be entirely overcome but may be made more flexible and fluid through the use of more supple or deformable geometry » (*Ibid.*, 1993, p. 32).

³⁶ « Deleuze and Guattari's aforementioned 'body without organs' suggests an alternative to the organic paradigm of the whole body. Such a multiplicitous body is always less than a single organism at the same time that it is an affiliation of many organs. [...] There is a two-fold de-territorialisation that takes place in becoming a multiplicity: the loss of internal boundaries allows both the influence of external events within the organism and the expansion of the interior outward. This generates a body that is essentially inorganic » (*Ibid.*, 1993, p. 33).

sont composés de plusieurs organes et incarnent l'architecture classique, idéale, soumise aux règles géométriques. De l'autre côté, les organismes inorganiques ne se composent pas d'organes individuels et se matérialisent par des éléments irréductibles à une structure unique, qui se transforment en permanence d'une manière continue, dynamique et fluide, comme une réponse aux forces externes de son contexte et aux forces internes de ses membres³⁷. Un exemple de ce type de fluidité architecturale inorganique est évoqué par les *blobs* de Greg Lynn. Cette réinterprétation complètement différente d'une notion utilisée fréquemment constitue en réalité l'essence de ce chapitre. Nous avons trouvé des expressions fluides dans l'architecture organique de la première moitié du XX^e siècle qui, dans une réinterprétation contemporaine, change leur validité.

3.2. L'organique et la fluidité : expressions architecturales à travers l'histoire

Si dans la première partie du chapitre nous avons souligné les différentes définitions de l'organique, dans la deuxième partie, nous essayons d'identifier le rapport architectural entre la fluidité et l'organique. Afin d'atteindre cet objectif, nous devons trouver les caractéristiques organiques qui correspondent aux expressions fluides de l'architecture choisie comme exemple. En considérant qu'il existe toujours trois éléments (l'architecture, l'organique et la fluidité) qui définissent ce rapport, au début de chaque analyse, avant de trouver les caractéristiques fluides, nous cherchons à démontrer la plausibilité de l'organique.

3.2.a) Le rapport entre la fluidité, l'organique et le rationnel

Avant que nous précisions les liens entre l'organique, le fluide et leurs expressions en architecture, nous devons fixer la place de l'organique par rapport au concept du « rationnel ». La confusion créée par la diversité des définitions de l'organique est aussi présente dans le rapport avec le rationnel : d'une part, l'architecture organique est opposée à l'architecture classique, considérée comme une architecture rigoureuse et géométriquement déterminée, et d'autre part, l'organique est interprété comme un principe classique vitruvien.

³⁷ Pour exemplifier l'organisme inorganique, nous prenons l'idée de Greg Lynn par laquelle un corps « multiplicitous » se comporte lui-même comme un organisme, même s'il n'a pas d'organes : « For instance, within a multiplicitous assemblage, each individual defers their internal structure to benefit, by alliance, from the fluid movements of the pack. As the proper limits of individual elements (multiplicity of, say, wolves) are blurred, the pack begins **to behave as if it were itself an organism (multiplicity of the pack)**. The pack itself is not regulated by or reducible to any single structure, as it is continually, dynamically and fluidly transforming itself in response to its intensive involvement with both the external forces of its context and the internal forces of its members. [...] In architecture, the multiplicitous connections of buildings to the particularities of context are typically repressed by the proportion of exact, unified, organic spatial types » (*Ibid.*, 1993, p. 33).

Le premier rapport est expliqué par Bruno Zevi, qui oppose l'organique au rationnel et au système cartésien. L'architecture organique est révélée dans « les installations paléolithiques aux formes libres et sinueuses ; la Bas-Empire, et spécialement les tracés urbains médiévaux ; la première époque du baroque, et tout particulièrement les œuvres de Francesco Borromini ; le langage de Louis Sullivan, de Frank L. Wright et de leurs écoles ; le mouvement expressionniste ; le Bay Region Style ; le New Empiricism scandinave, en particulier les réalisations d'Alvar Aalto ; l'architecture "sculptée" de Hermann Finsterlin, Friedrich Kiesler et André Bloc » (Zevi, 2002, p. 974). À l'antipode de l'architecture organique se trouvent les volumes helléniques et les édifices monumentaux de la Rome antique, « les cités idéales de la Renaissance ; le néo-classicisme sous tous ses aspects et dans toutes ses ramifications ; le mouvement moderne de Le Corbusier et de Walter Gropius en Europe dans l'entre-deux-guerres » (*Ibid.*, 2002, p. 974- 975). Zevi explique la confusion courante entre l'architecture organique et l'architecture non organique, en mettant l'accent sur le fait que toutes les configurations cartésiennes ne sont pas forcément non organiques. Par exemple, même si les villes helléniques, comme Olynthe, Milet ou Priène décrivent une grille d'axes orthogonaux, elles ne sont pas des systèmes non organiques car « il s'agit d'un système centrifuge, qui part du cœur urbain, de l'agora, et non d'un périmètre prédéterminé, comme cela se produit dans le castrum romain » (*Ibid.*, 2002, p. 975). Parmi plusieurs exemples de confusions entre organique et non organique, les scénographies du Bernin, qui sont souvent considérées comme organiques mais, en réalité, sont toujours conçues sur un plan classique, donc Bruno Zevi est d'avis que ce type d'architecture est non organique. À l'opposé, le pavillon allemand de Barcelone (1929) de Mies van der Rohe, « est souvent classé parmi les prototypes du rationalisme européen, mais il brise et détruit l'enveloppe de maçonnerie, joue sur les fluidités spatiales internes et sur la continuité entre l'intérieur et l'extérieur [...] » (*Ibid.*, 2002, p. 975), donc il constitue un exemple d'architecture organique. Cette différence entre rationnel et organique exerce une influence directe sur l'analyse de la fluidité à travers l'histoire de l'architecture car la fluidité est étroitement liée à l'organique. Les indications de Zevi sur l'organique éclaircissent, schématiquement, certaines lignes directrices sur les accents organiques, et implicitement fluides, de l'architecture.

Le deuxième rapport entre organique et rationnel est développé par Patrice Ceccarini, dans son article *Fluides, affordances et profilage architectural*, où il explique la position de l'organique et de la fluidité dans la vision vitruvienne : « dans le livre premier du *De architectura*, la référence aux fluides, aux mouvances, courants, aux forces dynamiques et aux forces formantes est manifeste : Vitruve donne pour origine rationnelle de l'architecture, la raison inhérente aux dimensions naturelles et fluides qui lui donnent naissance et sans lesquelles la discipline

architecturale ne saurait exister. La définition de l'architecture dans le texte vitruvien est sans équivoque concernant sa dimension organique » (Castanet, Cousinie, Fontaine, 2013, p. 207). Pourtant, cette interprétation ne se réfère pas à une pensée de la fluidité architecturale dans le sens d'introduire la dynamique et le mouvement dans l'architectonique des édifices. Les livres de Vitruve indiquent la conscience de l'existence d'un milieu fluide, atmosphérique³⁸ (le climat) ou sensible³⁹ (la lumière), qui nous entoure, et qui influence le développement des villes ou la construction des édifices. La fluidité et l'organique sont aussi associés à l'*eurythmia*⁴⁰, la *symmetria*⁴¹ et la *venustas*⁴² (qui, à côté de la *firmitas* [solidité] et de l'*utilitas* [utilité], désigne les principes architecturaux classiques⁴³ car « la théorie vitruvienne n'est pas seulement une théorie des ordres classiques, de l'harmonie et de l'art des proportions géométriques : elle est avant tout, et sans aucun doute, une théorie organique de l'architecture » (*Ibid.*, 2013, p. 209). Cette théorie approche la fluidité d'un point de vue général et ne concerne pas l'architectonique des édifices classiques. Nous considérons qu'en dépit d'une prise de conscience de la fluidité, la conception architecturale classique est caractérisée par la triade stabilité, immuabilité et ordre, attributs qui

³⁸ Le milieu fluide atmosphérique se réfère aux conditions climatiques : « [...] le choix des lieux de fondations des villes et des édifices : les lieux se caractérisent par le *klimata* – des flux -, vents, bruines, brouillards, nuages, vapeurs et autres états atmosphériques et climatologiques » (Castanet, Cousinie, Fontaine, 2013, p. 207). C'est ce milieu qui influence la morphologie des villes classiques : « [...] Les variations des températures, la combinaison et l'équilibre des principes vitaux relatifs aux quatre éléments (*stoicheia*) – air, eau, feu, terre [...] déterminent la morphologie des villes et des édifices afin de garantir de ne pas nuire à la santé des habitants » (*Ibid.*, 2013, p. 207).

³⁹ Le milieu fluide sensible exprime l'ambiance : « L'architecture est la résultante des formes dynamiques et d'une pensée de la fluidité, celle-ci paraissant représenter la quintessence de la physique de la nature : ainsi [...] on découvre que l'optique était non seulement entendue comme les lois de la perception, mais probablement comprise aussi comme la connaissance des lois selon lesquelles la lumière se "diffuse" (se répand) dans l'espace » (Castanet, Cousinie, Fontaine, 2013, p. 207).

⁴⁰ Selon Patrice Ceccarini, « le plus souvent, l'eurythmie est traduite comme étant "l'aspect agréable, l'heureuse harmonie des différentes parties de l'édifice", or le texte latin dit : "*eurythmia est venusta species*", ce que nous traduirions plutôt par : l'eurythmie est ce qui, de la *venustas*, se donne au regard. [...] l'eurythmie est donc l'un des effets de la *venustas* – un phénomène – et non la *venustas* en tant que telle, que l'on comprend et que l'on traduit classiquement comme « aspect agréable ». *Eurythmia* est aussi "*commodusque in compositionibus membrorum aspectus*", impliquant qu'elle serait la bonne adéquation, la disposition appropriée et le produit de la composition des membres du système architectural. *Eurythmia*, en réalité, est un ensemble d'effets dynamiques et fluides, liés à la mise en résonance continue des propriétés physiques et morphologiques d'un édifice (ou d'un organisme) en relation à la perception entendue en son sens large » (*Ibid.*, 2013, p. 208).

⁴¹ « Traditionnellement, *symmetria* est le plus souvent comprise comme harmonie des proportions, figures, mesures et modulation, car facile à la compréhension du plus grand nombre et à l'usage le plus simple. Moins évidente, la nature organique du terme, à savoir la dimension de parfaite conformation, disposition, composition appropriée, reste largement occultée » (*Ibid.*, 2013, p. 209).

⁴² En général, par le terme *venustas* il est entendu la « beauté », mais « avant même de renvoyer à la dimension esthétique et visuelle, *venustas* renvoie d'abord aux dimensions vivantes, organiques et dynamiques que nous pourrions qualifier de *génératives*, dans les termes contemporains actuels » (*Ibid.*, 2013, p. 209).

⁴³ « Ces principes sont des *rationes* à savoir des systèmes, procédés ou méthodes, autrement dit des facultés de calculer, de raisonner, de juger, d'expliquer. Il ne s'agit pas seulement, de la solidité (*firmitas*), de l'utilité (*utilitas*), de la beauté (*venustas*) entendus au sens moderne et rationaliste, même si cette pensée n'était pas ignorée par le monde antique. [...] Si l'on parle de *ratio firmitatis*, *utilitatis* et *venustatis*, plus que de champs catégoriels – à savoir mécanique et construction, usages et fonctionnalité, beauté et élégance -, il faut avoir une approche bien plus large de l'usage de ces termes, lesquels doivent faire système, ainsi : *ratio firmitatis* incite à penser en termes de cohérence, fermeté, résistance, stabilité ; *ratio utilitatis*, renvoie à utilisable, en adéquation, profitable dans le sens de "qui fait croître", en relation avec ; enfin, *ratio venustatis* renvoie aux qualités vénusiennes ; elle supporte beauté physique et grâce, agrément, élégance ou encore amour, attraction physique et sexualité, générativité » (*Ibid.*, 2013, p. 209).

expriment l'aspiration vers la permanence, l'éternité et l'invariabilité des constructions, en niant le caractère fluide de la tectonique. En considérant que la fluidité analysée dans cette thèse s'exprime plutôt par le chaos (soit le chaos philosophique, soit le chaos scientifique) que par l'ordre, l'architecture classique décrit seulement la fluidité laminaire (la fluidité mouvante en architecture) au niveau de l'ambiance. Ce type de fluidité sera analysé dans le chapitre sur l'architecture de l'ambiance, ne faisant pas partie intégrante de l'architecture organique.

3.2.b) La fluidité : l'organique et les fractales des cathédrales gothiques

Le titre de ce chapitre dévoile à la fois les expressions fluides de l'architecture, annoncées par les termes « organique » et « fractales », et le sujet d'analyse, annoncé par le syntagme « cathédrales gothiques ». Mais pourquoi seulement l'architecture des cathédrales et pas toute l'architecture du Moyen Âge ? Nous considérons que la fluidité s'exprime par la dynamique et la complexité d'un organisme vivant, et même si Christian Norberg-Schulz compare la ville médiévale, en général, à un organisme vivant, dont les cathédrales constituent le « cœur délicat » et le mur « l'enveloppe dure », il associe les « agglomérations du haut Moyen Âge », qui apparaissent « irrégulières et pittoresques » à des représentations « d'un cosmos ordonné, où la vie pourrait se dérouler d'une manière également ordonnée » (Norberg-Schulz, 1991, p. 187- 188). Cet ordre empêche le développement du caractère fluide. En revanche, la fluidité est évoquée par les cathédrales gothiques : une dimension fluide est présente dans l'architectonique des cathédrales gothiques, grâce à sa complexité formelle et à sa dimension fractale et la seconde dimension fluide est présente dans l'atmosphère intérieure. Si l'atmosphère sereine, interprétée comme une fluidité laminaire, a été recherchée par la transformation du système structural⁴⁴, La dimension fractale constitue un élément qui, évidemment, n'a pas été prévu dans la période gothique, mais que nous évaluons désormais comme une expression de la fluidité. Par rapport à l'architecture classique, les cathédrales gothiques évoquent une autosimilarité à toutes les échelles par la désagrégation et le fractionnement de la masse, à partir de leur silhouette jusqu'aux plus petits détails. Nous ne nions pas l'importance de la mesure humaine dans le calcul du système constructif, mais la fluidité exprimée par la dimension fractale se trouve dans la perception de la masse et de l'espace qui se détache de l'échelle humaine par la perception d'une infinité d'échelles.

⁴⁴ La transition du système structural stéréotomique au système tectonique et la fluidité mouvante laminaire seront analysées dans le chapitre « L'architecture de l'ambiance ».

L'organique gothique

Pour trouver les expressions fluides de l'architecture gothique, nous devons d'abord démontrer que, contrairement à l'architecture grecque ou romaine, celle-ci est aussi organique. Afin d'expliquer l'organique gothique, Anne Coste oppose l'architecture gothique à l'architecture classique, en considérant les visions du peintre préraphaélite William Morris (1834-1896), pour lequel la période médiévale constitue un élément fondamental de sa doctrine, et son maître, John Ruskin⁴⁵ : « L'architecture gothique est une forme organique de l'art, donc seule susceptible d'évoluer et de se perpétuer » (Coste, 1997, p. 77). L'architecture gothique est caractérisée par une « osmose entre construction et ornementation », qui n'avait été atteinte ni par l'architecture grecque, ni par l'architecture romaine. Selon Morris, l'art byzantin est « la première expression de la "liberté organique" que symbolisera plus tard le gothique adulte, en France et en Angleterre » (*Ibid.*, 1997, p. 77). L'essence de l'architecture gothique est rapportée à la divinité et cette relation constitue la raison pour laquelle « Ruskin fait accepter le néogothique, né dans la culture catholique, aux protestants, comme seule architecture organique et morale, intégrant avancées de la biologie et de la géologie à ses conceptions ornementales, éthique et foi religieuse à l'architecture » (Polony, 1999, p. 102), dont l'organique ne signifie pas seulement « expression de forces physiques ou imitation directe de la nature ».

L'interprétation française du gothique, caractérisée par la dématérialisation structurelle⁴⁶, diffère de l'interprétation anglaise, connue comme le « gothique orné »⁴⁷. Malgré cette différence

⁴⁵ « Dans "La nature du gothique", Ruskin étudie la condition sociale des sculpteurs et les répartit en trois catégories : les *serviles*, les *constitutionnels* et les *révolutionnaires*. Dans le premier groupe, il classe les Grecs soumis à une intelligence supérieure et dont le travail est uniquement d'imitation. Les révolutionnaires, parmi lesquels les gothiques, sont indépendants et libres dans leur exécution. Entre les deux, se situe le moyen terme d'un "pouvoir exécutif émancipé et indépendant mais soumis à un talent supérieur" (les constitutionnels). En conséquence, la perfection d'exécution est assimilée à la condition d'esclave (parallèle avec l'ère industrielle alors que l'imperfection est le signe d'une humanité et donc le gothique synonyme de liberté et d'humanité. [...]) William Morris emboîte le pas de Ruskin dont il est l'admirateur sans réserves. Mais il se démarque de son maître en prônant un retour à l'art gothique, au-delà du symbole, dans sa forme même » (Coste, 1997, p. 76).

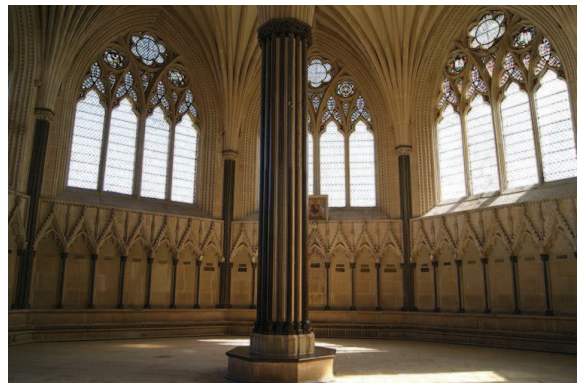
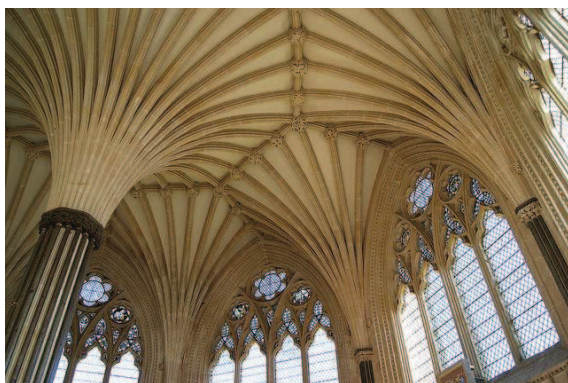
⁴⁶ A propos de la cathédrale de Reims, « ce qui distingue l'intérieur de Reims de celui des autres grandes cathédrales est l'emploi signifiant d'éléments qui conservent un certain degré de plasticité. Les niches des fenêtres dans les collatéraux, les gros piliers ronds et les colonnettes assez épaisses de triforium peuvent être interprétés comme contradictoires au principe gothique de dématérialisation, mais il serait plus juste de dire qu'ils donnent, à l'idée de dématérialisation, une signification plus profonde. Tandis que d'autres cathédrales énoncent ce principe comme une simple donnée, Reims l'interprète comme une victoire sereine de l'esprit. À Reims, on ressent une relation corporelle aux membres plastiques de la zone intérieure, tandis que l'âme est élevée et rachetée par le réseau abstrait de la claire-voie et de la voûte. Corps et âme sont devenus des aspects d'une même totalité harmonieuse » (Norberg-Schulz, 1991, p. 205-206).

⁴⁷ Christian Norberg-Schulz explique que « Le plan de la cathédrale anglaise est d'abord un parcours. La longue nef orientée ne mène à aucun chœur centralisé mais se poursuit à travers tout l'édifice. [...] Au lieu de mener à bien une vraie dématérialisation du mur, les Anglais couvrent le noyau massif de l'édifice, extérieurement et intérieurement, d'un rideau purement décoratif qui simule une structure en squelette. [...] C'est seulement vers la fin de cette période que le rideau assumait le statut d'une structure indépendante et que furent érigés quelques édifices 'perpendiculaires'

d'interprétation, l'architecture gothique anglaise conserve un caractère homogène et cohérent tout au long du Moyen Âge, de 1180 à 1540, caractérisé par « la juxtaposition d'éléments géométriques non structuraux aux géométries structurales de l'architecture [...] les réseaux linéaires, les motifs de surface, les articulations géométriques et les interpénétrations spatiales » (Hendrix, 2013, p. 7), en résultant une architecture aux frontières de l'art, par son ornementation dentelée⁴⁸. Donc, la cathédrale d'Ely⁴⁹, la cathédrale de Gloucester⁵⁰, la cathédrale de Wells⁵¹ constituent seulement quelques exemples de la présence de l'organique dans l'architecture gothique anglaise.



© Spencer Means (photo)
Source : flickr.com/photos/hunky_punk/7946628694;
Figure 1. Le chœur de la Cathédrale de Wells, Angleterre.



© Hugh Llewelyn (photo)
Source : flickr.com/photos/camperdown/17087346582 ; flickr.com/photos/camperdown/17088842515
Figure 2. La salle capitulaire de la Cathédrale de Wells, Angleterre, XIII^e siècle

pleinement gothiques et véritablement anglais » (*Ibid.*, 1991, p. 206). La chapelle de King's College à Cambridge est considérée comme un exemple de ce type d'architecture.

⁴⁸ « Pour que l'architecture devienne art, la forme doit contredire sa fonction puisque l'architecture, à la différence des autres arts, ne saura être libre et indépendante de sa fonction » (Hendrix, 2013, p. 7).

⁴⁹ « La voûte de la chapelle de la Vierge d'Ely est une voûte à tiercerons avec des liernes formant des motifs en étoiles, résultant en une forme cristalline organique » (*Ibid.*, 2013, p. 14).

⁵⁰ « La voûte dans le transept de Gloucester est une voûte à tiercerons et liernes, prenant la forme d'une structure organique sous-jacente basée sur des proportions géométriques et mathématiques » (*Ibid.*, 2013, p. 17).

⁵¹ En ce qui concerne la salle capitulaire : « [...] les fenêtres sont composées de quatre parties dans les lancettes, jumelées en dessous des grands arcs en ogive, avec des feuilles sextes dans les cercles des tympans. En dessous, en haut de chaque fenêtre, se trouve une composition inhabituelle avec un arc accentué à ogive trilobée peu profond, renfermant un motif de trois feuilles formées par l'intersection d'arcs dans le centre, combinant le géométrique et l'organique et annonçant le style curvilinéaire dans les entrelacs » (*Ibid.*, 2013, p. 128). Quant à la chapelle de la Vierge (restaurée par Benjamin Ferry en 1842) et au chœur (restauré par Anthony Salvi de 1848 à 1854), « cette partie de la cathédrale de Wells est l'un de plus beaux ensembles et l'une des réalisations les plus accomplies au monde, un chef-d'œuvre du style curvilinéaire, structure en fusion, ornement, articulation, géométrie et suggestion de l'organique, en un bâtiment sculptural qui se fond avec un jeu d'ombre et de lumière, ainsi qu'un jeu de plans juxtaposés se chevauchant et des espaces typiques du style curvilinéaire, pour créer un environnement presque fantasmagorique, un espace de rêve, une forêt enchantée créée par l'homme » (*Ibid.*, 2013, p. 145).

Les fractales gothiques

Même si la théorie des fractales est une théorie nouvelle, développée dans les années 1970, qui n'a eu aucun impact sur l'émergence et l'évolution de l'architecture précédente, nous considérons que les fractales peuvent se trouver, ponctuellement, sous différentes formes, à travers l'histoire de l'architecture. La fluidité évoquée des cathédrales gothiques s'exprime par les fractales comme une géométrie du chaos⁵². Les expressions architecturales des fractales décrivent d'une certaine façon la symétrie⁵³ et l'autosimilarité⁵⁴ mais, en même temps, « l'irrationnel et l'exception, le désordre de la complexité et des contradictions de la vie – et, partant, de l'art – y trouvent leur place » (Trachtenberg, 2002, p. 50).

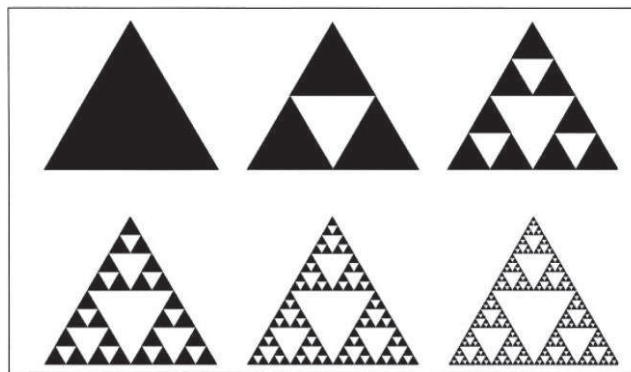
Thierry Marin consacre le chapitre « La géométrie fractale des germinations : les membranes ne sont pas des peaux » de son ouvrage *Le principe de floraison : Manière de faire des mondes*, à l'explication de l'architecture des cathédrales gothiques en termes de fractales, de croissance et d'éclosion bourgeonnante. Sa conception de l'organique gothique est fondée sur l'idée que l'architecture des cathédrales, « une géométrie très singulière, fractale, vivante, végétale » est le résultat des forces de poussée ou de croissance. La fluidité est révélée par leur « géométrie des processus plutôt que des formes ou des essences bien délimitées, [...] éclosion bourgeonnante plutôt que de la clôture dans l'enveloppe d'un corps harmonieux établi à la mesure de l'homme » (Marin, 2012). L'organique et la fluidité se trouvent dans le processus de croissance des parties architecturales, mais pas d'une manière ordonnée et organisée selon une loi de composition qui dispose « les parties comme autant d'organes autonomes, bien articulés et placés selon des hiérarchies et des proportions fixes » mais plutôt d'une manière dynamique et fluide, où les limites deviennent « des membranes d'osmose et de perfusions, faisant communiquer les parties à

⁵² La notion a été expliquée dans le chapitre « Chaos, fractales et catastrophes comme expressions architecturales fluides ».

⁵³ « La symétrie hante tous les arts depuis la plus haute antiquité, mais les arts religieux ont su en faire le moyen d'expression le plus impressionnant du pouvoir divin. Temples et mausolée sont effectivement construits sur les symétries les plus fortes, comme les symétries de translation que l'architecture islamique utilise souvent pour rendre la sérénité, **les symétries fractales de l'art gothique** qui affirmait l'élévation ou encore les symétries de rotation qui entourent les lieux saints » (Fivaz, 1989, p. 45-46). Si nous considérons l'exemple de la cathédrale de Reims, sa « structure fractale ascendante affirme l'élévation. Cette structure est réalisée exactement sur les deux tours de la façade : sont superposés un grand portique, puis deux fenêtres, enfin quatre ogives avec des dimensions décroissantes à chaque étage » (*Ibid.*, 1989, p. 47).

⁵⁴ « **Le concept d'autosimilarité**, par exemple, tel que défini assez récemment par la géométrie fractale, serait tout aussi présent, quoique de manière moins consciente, dans l'esprit des architectes, **que celui de symétrie**, dont il n'est pas nécessaire de redire l'importance et même le caractère fondamental, peut-être même paradigmatique, pour l'architecture. Or l'autosimilarité est une caractéristique de nombre de formes naturelles, pas forcément vivantes (les nuages et les montagnes ne sont pas des êtres vivants, et sont cependant des exemples presque parfaits d'objets autosimilaires), mais en tout cas résultant d'un processus de croissance, ou plus généralement de complexification. L'architecture, qu'elle se revendique comme organique ou pas, mais qui se réfère aux formes de la nature, entretient donc sans doute plus fondamentalement, on peut en tout cas le supposer, un rapport avec ce concept d'autosimilarité » (Corcuff, Ecole d'Architecture de Bretagne, 1997, p. 21).

travers une seule et même poussée de sève » (*Ibid.*, 2012). Dans l'architecture gothique, la fluidité est évoquée par la structure organique (exprimée par l'imitation des processus de la nature) et par la structure fractale (comme une des géométries du chaos). Les fractales constituent de nouvelles expressions pour indiquer la complexité du monde vivant et pour interpréter le gothique décrit par Goethe, dans son essai sur l'architecture allemande (*Von deutscher Baukunst*), « comme le produit organique de la croissance dans l'esprit du génie » (Collins, 2009, p. 219). Par la présence de la structure fractale sculptée en pierre, l'architecture des cathédrales confirme l'hypothèse d'une fluidité figée lourde. De toute façon, nous devons préciser que l'architecture des cathédrales gothiques ne constitue pas une référence majeure de la fluidité architecturale, mais plutôt un point de départ, un petit accent qui indique une première racine de la fluidité figée en architecture.



Source : Peitgen, Jürgens, Saupe, 2004, p. 77

Figure 3. Le triangle de Sierpinski : un modèle fractal classique.



© Kerry Kane (photo)

Source : flickr.com/photos/raisinkane/3766410576 ; flickr.com/photos/michaelclarke/2473601200



© Michael Clarke (photo)

Figure 4. La présence du modèle fractal dans l'architecture gothique : la similarité entre le triangle de Sierpinski et les détails de la Cathédrale Saint-Etienne de Vienne, Autriche.

3.2.c) La fluidité : l'organique, le pli et l'élasticité baroque

Après avoir découvert le début timide de la fluidité figée dans l'architecture gothique, les expressions fluides baroques décrivent, pour la première fois, « la tendance de la matière à déborder l'espace, à se concilier avec le fluide, en même temps que les eaux se répartissent elles-mêmes en masses » (Deleuze, 1988, p. 7). Le premier historien de l'art qui associe la fluidité à l'architecture baroque est Heinrich Wölfflin en 1888, dans son ouvrage *Renaissance et Baroque*. Selon Wölfflin, dans l'architecture baroque « la matière se ramollit, la masse devenant pour ainsi dire fluide, le rapport tectonique se dissout » (Wölfflin, 1997, p. 66). La fluidité est présente dans le « dessin du profil architectural » par la « mollesse des lignes », qui détermine la masse tectonique qui commence à fondre, en devenant visqueuse.

Même si la fluidité est présente aussi bien dans l'architecture gothique que dans l'architecture baroque, ses expressions diffèrent selon le caractère de chaque style. Si le gothique souligne les éléments de construction, c'est-à-dire le cadre ferme et le remplissage léger, le baroque « souligne la matière », où le cadre, partiellement ou complètement disparu, « n'est pas suffisant pour contenir la masse qui déborde et passe par-dessous » (*Ibid.*, 1997, p. 73). Le gothique met l'accent sur les éléments de force, tandis que le baroque accentue la masse (*Ibid.*, 1997, p. 74). La fluidité architecturale devient encore plus lourde que dans l'architecture gothique et le caractère visqueux s'accroît : « dans le gothique les forces verticales rayonnent vers le haut sans rencontrer d'obstacles, et en haut se dissolvent comme en se jouant ; le baroque les fait d'abord se heurter durement à une lourde corniche, mais donne ensuite chaque fois – et c'est là le point important – une solution d'apaisement⁵⁵ » (*Ibid.*, 1997, p. 78). Le début timide et involontaire de la fluidité dans l'architecture gothique évolue vers une expression plus approfondie dans l'architecture baroque, expression qui se trouve dans un développement continu : l'expression fluide massive et lourde de l'architecture du début de la période baroque se transforme doucement, vers la période de rococo, dans une fluidité plus légère et plus dissoute (*Ibid.*, 1997, p. 35). Cette légèreté du rococo s'exprime, d'une manière similaire au gothique anglais, mais encore plus exagérée, par une ornementation « dentelée » et abondante. Notre analyse est focalisée donc sur la fluidité lourde du début de la période baroque et non sur les expressions plus légères du rococo. Cette décision est due au fait que nous considérons que les principes fluides du rococo sont similaires aux principes fluides du gothique.

⁵⁵ « La poussée baroque vers le haut s'exprime par des détails (par exemple la répartition irrégulière des sculptures), par des fenêtres ou par l'accélération du mouvement des lignes » (Wölfflin, 1997, p. 76-77).

L'organique baroque

L'organique baroque s'exprime, contrairement au classicisme, par son caractère pittoresque, décrit par Heinrich Wölfflin, qui compare aussi la Renaissance et le baroque⁵⁶. Le concept de « pittoresque »⁵⁷ est associé au dynamisme et au mouvement : « on ne trouve plus la beauté dans la forme bien assise, dans l'ordonnance tranquille du corps architectural, mais on cherche son plaisir dans le mouvement des masses où par leur bondissement inquiet, leur flux et leur reflux passionnées, les formes semblent à chaque instant se modifier. En résumé, l'architecture stricte opère sur nous par ce qu'elle *est*, par sa réalité matérielle ; l'architecture pittoresque agit en revanche par ce qu'elle *paraît*, par l'impression qu'elle donne du mouvement » (*Ibid.*, 1997, p. 49- 50). L'organique et la fluidité sont révélés par un « effet de masse » et par un « espace infini⁵⁸ » et non par des formes et des figures statiques et précisément démarquées ou par un espace clairement délimité (*Ibid.*, 1997, p. 54).

Selon Eugenio d'Ors, dans son ouvrage *Du Baroque*, « [...] le baroque est *l'idiome naturel* de la culture, celui où la culture imite les procédés de la nature » (d' Ors, 1935, p. 101). L'organique ne décrit pas uniquement l'imitation de la nature, mais il désigne également l'interprétation baroque du mouvement, qui accentue le dynamisme et la « *vocation de mouvement, absolutisme, légitimité et canonisation du mouvement*, opposé à la note parallèle d'étatisme, de calme, de réversibilité propre au rationalisme, propre donc à tout ce qui est classique » (*Ibid.*, 1935, p. 102). L'architecture baroque et l'architecture de la Renaissance interprètent différemment le mouvement, selon le degré de l'abandon de la raison, qui peut s'exprimer par la « simple tolérance si l'admission est minime, marginale ou épisodique », propre à l'architecture de la Renaissance, ou par l'« humiliation radicale, si la partie concédée –ou emportée– est importante, si l'intromission est grave, si le mouvement passe au premier plan et accentue ou prolonge son

⁵⁶ a) « La légèreté gracieuse de la Renaissance disparaît [...] les fines proportions disparaissent [...] Le baroque exige des masses larges et lourdes [...]. Les édifices commencent à peser plus lourd et même, çà et là, la forme menace de succomber sous la pression » (*Ibid.*, 1997, p. 63).

b) « La matière dure et friable de la Renaissance était devenue tendre et savoureuse en baroque » (*Ibid.*, 1997, p. 66). L'esprit de la Renaissance « aime les séparations nettes et est sensible au moindre détail. En revanche, dans le baroque, qui en est ici à ses débuts, l'effort pour tout amollir et tout rendre fluide est évident » (*Ibid.*, 1997, p. 68-69).

c) « [...] l'art de la Renaissance se situe entre ces deux extrêmes (gothique et baroque) et atteint un parfait équilibre entre la masse interne et la forme qui l'enclot » (*Ibid.*, 1997, p. 74).

d) « La Renaissance vise partout à la permanence et à l'immobilité, le baroque manifeste aussi dans son dynamisme le sentiment précis d'une direction : il aspire à monter » (*Ibid.*, 1997, p. 76).

e) « La Renaissance trouvait plaisir à représenter l'ensemble comme une fusion harmonieuse de parties individuelles et autonomes », tandis que dans le baroque « l'action n'est pas confiée à des éléments de force isolés, mais se communique à la masse tout entière, le corps tout entier est entraîné dans l'élan du mouvement » (*Ibid.*, 1997, p. 76).

⁵⁷ « [...] on parle d'effets de lumière pittoresques, de désordre pittoresque, de richesse pittoresque [...] un temple antique aux lignes strictes, qui n'est pas en ruine, n'est pas un objet pittoresque » (Wölfflin, 1997, p. 49).

⁵⁸ « Le contour est détruit par principe, la paisible ligne continue cède la place à une zone terminale indéfinie, les masses ne peuvent pas être délimitées par des lignes nettes, mais se "perdent" » (*Ibid.*, 1997, p. 51).

pouvoir », propre à l'architecture baroque. (*Ibid.*, 1935, p. 103- 104). Cette interprétation de l'intégration du mouvement en architecture est d'une importance majeure pour définir, mais surtout pour différencier, la fluidité architecturale dans les différentes périodes historiques.

Afin d'analyser les différences entre le classique et le baroque, Eugenio d'Ors imbrique deux formules : la formule qui oppose « les formes qui s'envolent » aux « formes qui pèsent »⁵⁹ et la formule de la « gravitation »⁶⁰. Selon son analyse, la différence entre les deux styles réside dans la contrariété entre le contrepoint de la Renaissance et la fugue baroque⁶¹, entre la tendance à l'unité et l'exigence de discontinuité⁶² du classicisme et la multipolarité baroque, fondue et continue au lieu de discontinue et découpée⁶³ (*Ibid.*, 1935, p. 110).

Selon Christian Norberg-Schulz, l'organique baroque est défini par les notions d'infini et de mouvement car « tout l'art du Baroque est rempli de l'écho des espaces infinis et des relations qui unissent tous les éléments de l'univers » (Norberg-Schulz, 1991, p. 204). Donc, la fluidité, aussi bien que l'organique baroque, évoque une continuité de la masse indéfinie et ininterrompue, en définissant une géométrie élastique par des plis superposés.

⁵⁹ Cette formule n'est pas valable uniquement « pour ce qui est la tectonique d'un tableau ou d'une façade, mais pour celle d'une composition musicale, d'une théorie scientifique, ou d'une institution politique [...]. [...] L'analyse procède ici, bien entendu, par des *dominantes* ; ni le style baroque ne saurait exclure la pesanteur, malgré sa prédilection morphologique pour l'envolée, ni le classique n'est à son tour entièrement insensible à d'autres attractions que celle de la terre. Il est évident aussi que la présence de ces dominantes de style doit être interprétée selon les lois cardinales de chaque art, de chacun des ordres de culture ; la musique, par exemple, art qui s'insère dans le temps et où la part de mouvement est naturellement très importante, peut être dominée par la gravité et l'architecture ne peut se soustraire plus qu'en certaine mesure, et toujours par métaphore, à l'exigence de repos » (d' Ors, 1935, p. 105).

⁶⁰ Une seconde formule générale, la formule de la « gravitation », limitée aux arts : « consiste à affirmer que dans une série des arts – musique, poésie, peinture, sculpture, architecture – chacun des termes occupe une position instable et tend, selon les époques, les écoles et artistes, à revêtir les caractères de l'art immédiatement voisin. Ainsi, aux époques de classicisme, la musique devient poétique ; la poésie, picturale ; la peinture sculpturale et la sculpture, architecturale. Réciproquement, aux époques de tendance baroque, la gravité se produit en sens inverse : c'est l'architecte qui se révèle sculpteur, la sculpture, qui devient pittoresque ; la peinture et la poésie qui revêtent les caractères dynamiques propres à la musique » (*Ibid.*, 1935, p. 106).

⁶¹ « [...] dans le domaine artistique, les structures classiques adoptent, de préférence, la disposition qu'en musique on appelle *contrepoint*, c'est-à-dire qu'elles constituent un système fermé qui gravite autour du noyau situé à l'intérieur ; tandis que les structures baroques affectionnent la forme de la *fugue*, un système ouvert qui marque une impulsion, vers un point extérieur. C'est toujours, sous un aspect différent, notre symbole habituel, l'opposition entre les "formes qui pèsent" et les "formes qui volent" » (*Ibid.*, 1935, p. 114).

⁶² Cette définition résulte par la composition des mots de saint Augustin, « la raison humaine est une force qui tend à l'unité » et une deuxième partie, « la raison humaine est une faiblesse qui nécessite de la discontinuité » ou « la raison humaine regarde toujours au travers d'interstices ! » (*Ibid.*, 1935, p. 109-110).

⁶³ « Lorsqu'une école de musique dira, par exemple : "Nous aspirons à la *mélodie infinie*", nous serons en présence d'un phénomène de baroque ; parce que la suprématie de l'unité a été ici abolie. Là où une thèse mathématique affirme : "L'espace de trois dimensions n'est qu'un *cas particulier*, dans la *série infinie*, des espèces possibles de *dimensions infinies*", le baroque se manifeste aussi, et pour la même raison. Si une école de peinture dit : "Nous autres, impressionnistes, nous ne peignons pas les objets, mais *l'air et la lumière* qui baignent et fondent toutes choses", nous y voyons la négation flagrante de l'exigence rationaliste de discontinuité. Ou encore, lorsqu'un biologiste prétend : "Nous ne nous occupons pas des espèces, simples conventions ; nous nous intéressons au *courant de vie* qui passe d'un être à l'autre en les enlaçant dans l'instabilité d'un *Werden*, d'un 'devenir'" » (*Ibid.*, 1935, p. 110).

Le pli et l'élasticité baroque

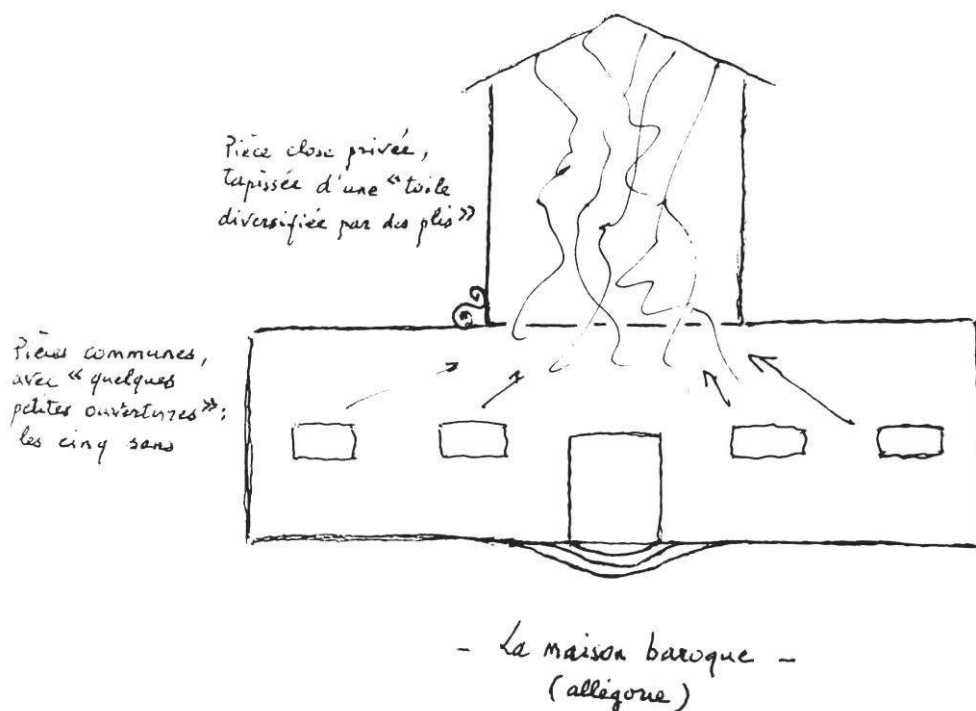
En ce qui concerne le pli, le sens de cette notion est contradictoire : dans la perspective architecturale baroque, selon Deleuze, le pli est associé à la continuité de la matière, tandis que la théorie des catastrophes considère le pli comme la « catastrophe élémentaire », l'associant à la discontinuité. En dépit de cette dissension apparente, le pli constitue la clé de la fluidité baroque. Quel est l'élément commun entre les deux conceptions discordantes du pli et comment se traduit-il en architecture sont deux questions qui apparaissent dans le contexte de l'architecture baroque.

L'élément commun entre les deux théories est constitué par l'infini, présent à la fois dans la structure fractale (composée par une infinitude de plis⁶⁴) et dans la vision de Deleuze : « le trait du Baroque, c'est le pli qui va à l'infini » (Deleuze, 1988, p. 5). Selon Deleuze, cet infini est constitué par deux étages : celui de la matière et celui de l'âme. L'étage de l'âme est défini comme « l'étage supérieur qui n'a pas de fenêtre, seulement garni d'une toile tendue [...] » (*Ibid.*, 1988, p. 6) où les plis sont les connaissances innées. Chaque étage indique un labyrinthe : « le labyrinthe du continu dans la matière et ses parties et le labyrinthe de la liberté dans l'âme et ses prédicats » (*Ibid.*, 1988, p. 5). Dans ce cas, le terme générique de « labyrinthe » implique la multitude ou l'infinitude de plis, en désignant le troisième type de labyrinthe d'Umberto Eco⁶⁵. Dans la période baroque, « la tendance de la matière à déborder l'espace, à se concilier avec le fluide, en même temps que les eaux se répartissent elles-mêmes en masses » (*Ibid.*, 1988, p. 7). Le déploiement de la matière décrit non seulement une série de plis, mais aussi une série de déplis, où « le dépli n'est pas le contraire du pli, mais suit le pli jusqu'à un autre pli » (*Ibid.*, 1988, p. 9) et où l'action « de plier ne

⁶⁴ Cette idée a été développée dans le chapitre antérieur : *Chaos, fractales et catastrophes comme expressions architecturales fluides*.

⁶⁵ Umberto Eco définit trois types de labyrinthe : le labyrinthe classique, typique de la mythologie grecque, « unicusale », avec un fil unique et avec un « parcours souvent enveloppé en forme de spirale, a un seul sens de la marche. Sa difficulté majeure consiste à atteindre le centre et, de là, à gagner la sortie. Ce modèle de labyrinthe a été en vogue jusqu'à l'âge de la Renaissance et symbolisait, selon les interprétations, spirituelles, allégoriques ou ésotériques, le chemin du salut, un chemin de quête (de Dieu, de soi-même, de la connaissance) ou bien le voyage d'initiation à une nouvelle vie après la mort » (Lovito, 2013, p. 349), le labyrinthe « maniériste », comme un arbre, comme un langage de type booléen, où il existe deux hypothèses possibles et où « il s'agit de celui qui présente un grand nombre de voies, toutes barrées, sauf une, la bonne, qui mène à la sortie. Il s'agit d'un plan : de sa route principale se ramifient plusieurs bras, dont l'enchevêtrement rend sa traversée particulièrement ardue. Par conséquent, il est nécessaire de se doter d'une règle qui facilite le trajet, car, sinon, on court le risque de se perdre dans des va-et-vient. Cette règle n'est pas donnée a priori, mais il faut la formuler le long du chemin, au travers de calculs et de tentatives. Conformément à la mentalité et à la culture de l'époque baroque, le labyrinthe maniériste exprimait une vision plus laïque et ludique de la réalité » (*Ibid.*, 2013, p. 350-351) et le labyrinthe en « rhizome » ou le « réseau infini », développé par Deleuze et Guattari : « une structure qui n'a pas de centre ni de périphérie, ni dedans ni dehors, et dont les éléments peuvent se connecter entre eux en plusieurs nœuds, c'est-à-dire des points focaux, selon les intentions de l'individu qui choisit, lui-même, la direction à imprimer à son propre trajet » (*Ibid.*, 2013, p. 351). Ce labyrinthe est adoptée par l'époque contemporaine car « si les labyrinthes classique et maniériste, malgré les va-et-vient et les culs-de-sac que leur tracé comportait, envisageaient une et une seule sortie de la "prison" dédalicque, le labyrinthe en forme de rhizome se caractérise principalement par une différence substantielle, à savoir le manque absolu d'un centre » (*Ibid.*, 2013, p. 351).

s'oppose pas à déplier, c'est tendre - détendre, contracter - dilater, comprimer - exploser (non pas condenser - raréfier, qui impliquerait le vide) » (*Ibid.*, 1988, p. 11).



© Gilles Deleuze
Source : Deleuze, 1988, p. 7

Figure 5. L'allégorie de la maison baroque : les deux labyrinthes de l'infini

Outre les plis, la fluidité architecturale baroque s'exprime par des tourbillons, des éléments empruntés particulièrement à la science de Descartes et de Leibniz. Deleuze différencie les points de vue de Descartes et de Leibniz par rapport au type de mouvement dans la matière : si Descartes cherche « le secret du continu dans des parcours rectilignes, et celui de la liberté dans une rectitude de l'âme, ignorant l'inclinaison de l'âme autant que la courbure de la matière » (*Ibid.*, 1988, p. 5), Leibniz considère que la courbure de l'univers se prolonge suivant trois autres notions fondamentales, comme la fluidité de la matière, l'élasticité des corps et le ressort comme mécanisme (*Ibid.*, 1988, p. 7). En fait, la matière baroque constitue une métaphore des principes de Leibniz sur la courbure de l'univers⁶⁶, selon lesquels « la matière se divise sans cesse, les parties de la matière forment de petits tourbillons dans un tourbillon, et dans ceux-ci d'autres encore plus petits [...], la matière présente donc une texture infiniment poreuse, spongieuse ou caverneuse sans vide [...] environné et pénétré par un fluide de plus en plus subtil, l'ensemble de l'univers était semblable à un étang de matière dans lequel il y a des différents flots et ondes » (*Ibid.*, 1988,

⁶⁶ « L'univers est comme comprimé par une force active qui donne à la matière un mouvement curviligne ou tourbillonnaire, suivant une courbe sans tangente à la limite » (Deleuze, 1988, p. 8).

p. 8). Leibniz associe directement l'élasticité de la matière à sa fluidité : « la matière n'est pas un fluide absolu, car ce qui le définit c'est précisément l'absence de cohérence ou de cohésion, c'est-à-dire la séparabilité des parties, qui ne convient en fait qu'à une matière abstraite et passive [...] et un corps à un degré de dureté aussi bien qu'un degré de fluidité, ou qu'il est essentiellement élastique » (*Ibid.*, 1988, p. 8). En essence, la fluidité architecturale baroque est une analogie à l'élasticité de la matière car le degré d'élasticité influence le déploiement infini : « un corps flexible ou élastique a encore des parties cohérentes qui forment un pli, si bien qu'elles ne se séparent pas en parties de parties, mais plutôt se divisent à l'infini en pli de plus en plus petits qui gardent toujours une certaine cohésion » (*Ibid.*, 1988, p. 9). En réalité, dans l'architecture baroque, il existe des accents fluides, comme l'ondulation des murs qui parfois détermine le détachement de la façade du corps du bâtiment, ou l'alternance entre la concavité et la convexité de la masse, mais elle ne se divise pas à l'infini. Si Deleuze interprète les théories du Leibniz plutôt à un niveau philosophique qu'architectural, nous essayons de trouver leur matérialisation dans les concepts de Borromini et Guarini. La continuité vers l'infini par des plis (ondulations) constitue l'élément commun entre les théories de Leibniz, l'interprétation de Deleuze et notre fluidité architecturale.

Borromini et Guarini

Les expressions de la fluidité architecturale baroque, décrites auparavant, s'accordent avec les turbulences aquatiques⁶⁷, les fluidités des sculptures, des jardins, de l'articulation urbaine, de la scénographie architecturale, etc., et leur écho commun se matérialise notamment dans les œuvres de Francesco Borromini [1599-1667] et Guarino Guarini [1624-1683]. Nous avons choisi les deux architectes car nous nous intéressons par toute la période baroque, mais uniquement à l'expression de la fluidité, exprimée par l'organique, le pli et l'élasticité. D'un côté, l'architecture de Borromini « exprime, dans un style baroque, une dynamique organique » (Careri, Castex, Colvin, et al., 2003, p. 15-17), en refusant de se laisser enfermer dans un système. Son architecture est déterminée par le contexte urbain (notamment la façade) et par un travail de l'espace intérieur, fondé sur une composition d'ellipses, afin d'éliminer les angles. Le caractère fluide de l'architecture baroque est souligné donc par l'expression dynamique, « curviligne, enrichie par l'utilisation ingénieuse de la lumière » (Flais, 2008, p. 15). L'approche organique et

⁶⁷ « L'eau exerce une fascination extrême sur la sensibilité baroque. Légère et fluide, elle prend toutes les formes : reflet de l'inconstance, tempête de passions, miroir de la mélancolie, image du temps qui coule. [...] Ce ne sont plus les miroirs d'eau calme de la Renaissance, ce n'est pas non plus l'eau morte que Patinir et les peintres d'Enfers étalent dans leurs paysages de désolation, c'est l'eau bouillonnante des tempêtes de Shakespeare et de Tintoret, du Déluge de Michel-Ange et de d'Aubigné » (Dubois, 1993, p. 84).

morphogénétique de la composition borrominienne est très présente dans ses dessins⁶⁸, et selon Giovanni Careri, « cette dimension de croissance naturelle, voire d'excroissance de la forme, est effectivement très fortement suggérée par beaucoup d'éléments de l'architecture de Borromini comme, par exemple, le lanternon hélicoïdal de Sant'Ivo alla Sapienza [...] » (Careri, Castex, Colvin, et al., 2003, p. 15-17). Cette incarnation morphogénétique est aussi présente dans l'architecture de San Carlo alle Quattro Fontane « dont les formes matricielles ne peuvent éventuellement être retrouvées qu'au prix d'un examen sans fin, tellement elles sont complexes et mille fois variées » (*Ibid.*, 2003, p. 15-17).



© Julie Lewis (photo)



© Greg Stern (photo)

Source : flickr.com/photos/25513160@N07/4337353400 ; flickr.com/photos/gregandpatty/2556256053

Figure 6. La façade et la coupole de San Carlo alle Quattro Fontane (San Carlino), Rome, XVII^e siècle.

De l'autre côté, l'architecture borrominienne est parfois contradictoire aux tendances architecturales baroques. Par exemple, les motivations de Borromini en ce qui concerne le recours aux surfaces courbes « s'opposent à celles du Baroque, pour qui les surfaces convexes suggèrent une expansion de la forme dans l'espace, ou qui jouent de la convexité et de la concavité pour associer la contenance à l'expansion spatiale » (Argan, 1996, p. 65). Contrairement à cette tendance, les courbes de Borromini « ne sont jamais une concession à l'espace environnant, ou un prétexte aux variations mouvantes de la pénombre ; elles sont le produit d'une flexibilité de la matière contenue entre les saillies rigides des membrures » (*Ibid.*, 1996, p. 65). Donc, l'architecture borrominienne n'est pas une expansion, mais plutôt une contraction spatiale, qui accentue une perspective qui converge vers des horizons pluriels et divergents (*Ibid.*, 1996, p. 65).

⁶⁸ « D'après l'inventaire notarial réalisé après le décès, l'architecte possédait [...] une petite collection de *curiosa* qui n'a pas manqué d'intéresser les spécialistes au point que la dernière exposition romaine consacrée à Borromini était mise en scène comme un cabinet de curiosité, avec au centre un coquillage *tibis fusus fusus* en forme de spirale. Les commissaires de l'exposition voulaient suggérer par-là que le processus de composition de Borromini, particulièrement saisissant dans ses dessins, suit un développement morphogénétique proche de celui de certaines formes organiques » (Careri, Castex, Colvin, et al., 2003, p. 15).

Par une comparaison avec le peintre Caravage [1571 -1610], Giulio Carlo Argan associe l'architecture de Borromini à deux mouvements contradictoires, l'un centrifuge et l'autre centripète, unifiés dans l'élasticité de la membrure⁶⁹. Enfin, l'architecture de Borromini est fluide grâce au rythme, à la continuité, au mouvement et au déploiement⁷⁰ : « Ce que Borromini recherche fondamentalement, c'est le rythme, entendu non pas comme une musicalité indistincte et vague, mais comme l'opposé théorique de la proportion classique, la continuité au lieu d'équilibre, le mouvement au lieu de la stase, le déploiement au lieu de la représentation fermée » (*Ibid.*, 1996, p. 96).

Quant à Guarini, il « composa des plans complexes avec des cellules interdépendantes ou interpénétrées ; il produisit ainsi des formes organiques pulsantes qui donnent une interprétation dynamique et vivace aux idées baroques d'extension et de mouvement » (Norberg-Schulz, 1991, p. 292). Son discours architectural, dans *Placita Philosophica* en 1665, fait référence à l'organique et au monde vivant, « l'action spontanée de dilatation et de contraction n'est gouvernée par aucun principe mais est présente partout dans l'être vivant » (*Ibid.*, 1991, p. 292), référence qui explique « le mouvement ondulatoire et pulsant comme une propriété fondamentale de la nature » (*Ibid.*, 1991, p. 292). Un exemple de la concrétisation de son discours est l'architecture de l'église San Lorenzo à Turin [1668], où « l'organisme se développe autour d'un espace octogonal dont les côtés ont une courbure convexe vers l'intérieur » (*Ibid.*, 1991, p. 292- 293).



© Fulvio Spada (photo)



© Jan (photo)

Source : flickr.com/photos/lfphotos/5811409798 ; flickr.com/photos/jankunst/3203865491

Figure 7. L'extérieur et l'intérieur de la coupole de l'église San Lorenzo, Turin, XVII^e siècle.

⁶⁹ « Tout comme les raccourcis fluides et synthétiques du Caravage fondent dans le même contour sinueux, et sur le même plan lumineux, des éléments qui auraient occupé dans une composition perspective des emplacements divers, voire opposés, les structures de Borromini unissent synthétiquement, dans l'élasticité de la membrure, des entités spatiales différentes et contradictoires. Et, souvent, sa composition est même la résultante de deux mouvements opposés, l'un centrifuge et l'autre centripète » (Argan, 1996, p. 67-68).

⁷⁰ « Les raccourcis de Borromini [...] ne se réfèrent jamais à un horizon normal, commun, constant et déterminé par la perspective, mais ils se dévoilent l'un après l'autre comme sous l'effet d'un déploiement progressif de la structure. Cela explique l'usage fréquent que fait Borromini de surfaces ondulées ou sinueuses qui modifient en continu l'incidence des rayons et la projection des ombres, en soulignant chaque détail formel d' « un accent lumineux particulier » (*Ibid.*, 1996, p. 63-65).

L'architecture baroque, comme l'architecture gothique, évoque une fluidité figée lourde, exprimée par la masse visqueuse, élastique, qui décrit des plis superposés à l'infini. Contrairement à la fluidité gothique, définie auparavant, la fluidité baroque, et particulièrement la fluidité borrominienne⁷¹, constitue une inspiration pour l'architecture moderne et contemporaine car « ce qui était une limite pour les censeurs classiques a été considéré comme une extraordinaire ouverture par les architectes modernes qui se sont inspirés des morphologies naturelles comme Mario Ridolfi, Frank Lloyd Wright, Frank Gehry et Paolo Portoghesi » (Careri, Castex, Colvin, et al., 2003, p. 20).

3.2.d) La fluidité : l'organique et l'inspiration de la nature

La fluidité architecturale qui correspond à l'inspiration du monde vivant suit une évolution continue pendant le XX^e siècle à partir de l'inspiration végétale de l'Art Nouveau⁷² jusqu'à l'architecture morphogénétique contemporaine, en passant par la tendance organique expressionniste⁷³ et par l'architecture bionique de Frei Otto. Les tendances organiques gothiques et baroques constituent des exemples isolés de la fluidité, matérialisés par les fractales et les plis, pendant l'histoire de l'architecture. L'approche architecturale de l'Art Nouveau apporte une nouveauté en ce qui concerne l'organique et la fluidité : le dynamisme biologique, une prémisse pour l'apparition de la fluidité biomimétique et morphogénétique actuelle.

L'Art Nouveau et les lignes en « coup de fouet »

La fluidité comme expression du monde biologique s'exprime, pour la première fois, dans l'architecture Art Nouveau par un dynamisme abstrait, matérialisé en lignes ininterrompues, en « coup de fouet ». La fluidité architecturale de cette période est évoquée comme un art de surface, par le dessin des façades, comme une figuration tridimensionnelle, par les intérieurs meublés, et comme une atmosphère légère rapportée à la spatialité architecturale. Le dessin fluide de la façade souligne l'impossibilité du regard de « s'arrêter à une forme précise » car il est emporté en permanence par « un flux de vie »⁷⁴, les intérieurs décrivent « des vases qui ressemblent à des

⁷¹ Selon Siegfried Giedion, « le mur ondulé inventé par Borromini donnait de la souplesse à la pierre et faisait du mur de pierre un matériau élastique. Le mur ondulé est le complément naturel de la fusion de l'espace dans le plan flexible » (Giedion, 1990, p. 93).

⁷² L'Art nouveau est aussi appelé « Modern style », « Jugendstil », « Liberty » ou Sezession ».

⁷³ Les deux tendances de l'architecture expressionniste sont la tendance cristalline et la tendance organique. En cherchant la fluidité architecturale, nous sommes intéressés, dans une mesure très réduite, par la tendance organique développée par Mendelshon, Scharoun, Poelzig ou Häring.

⁷⁴ Le flux de vie est exprimé par des « lignes dynamiques et puissantes comme des veines, sertissant de fines et transparentes membranes comme les ailes de papillon » (Zipper, Bekas, 1986, p. 14).

mollusques, des salons comme des cavernes, des façades d'ossements, d'écaillés et de cartilages » (Zipper, Bekas, 1986, p. 14). Cette image s'incarne grâce au matériau, qui tend « à la fusion, à la métamorphose »⁷⁵. Quant à la spatialité architecturale, elle dépend directement de la « contradiction entre les contraintes du site urbain et la nécessité de libération spatiale » (Matei, 2011) et s'exprime par l'apport de la lumière à l'intérieur du bâtiment et par « le flux et la dynamique de l'espace intérieur, par la communication spatiale verticale, par l'amplification des effets de réflexion dans les miroirs » (*Ibid.*, 2011). Cette nouvelle spatialité devient possible grâce à l'utilisation du métal, en réduisant, en conséquence, la dimension de la structure. L'écho de cette transition matérielle, souligné par Louis-Charles Boileau, l'architecte du Bon Marché et des Grands Magasins du Louvre, est représenté par le vide⁷⁶ et implicitement par le nouveau jeu de la lumière qu'il fallait plutôt « opposer à elle-même dans l'air ambiant qui circule à travers la construction et, par sa profusion ou son économie, créer des éclats, des demi-jours ou des reflets qui fassent scintiller la clarté dans l'espace [...] » (Baridon, 2013, p. 196).

Si le gothique souligne la structure et le baroque la masse, selon Henry van de Velde, l'Art Nouveau met en évidence la ligne qui, par sa flexion et son élasticité, évoque l'énergie de la forme⁷⁷. Cette ligne n'est pas une simple ornementation, mais elle est chargée d'une fonction, qui consiste « à "structurer" la forme, et non à "orner", comme on est tenté de l'accepter communément » (Van De Velde, 1978, p. 65). Donc la ligne devient un ornement « structural et dynamographique »⁷⁸.

L'organique de l'Art Nouveau ne s'exprime pas uniquement par l'inspiration végétale et animale⁷⁹, mais aussi par les lignes ondulantes en « coup de fouet » et par l'espace ouvert. Selon Christian

⁷⁵ « Souvent la substance paraît molle, presque gélatineuse, substrat vivant et indéterminé, créant des impressions de chair et de pulpe » (*Ibid.*, 1986, p. 14).

⁷⁶ Selon Louis-Charles Boileau, la nouvelle architecture envisageait « non plus les pleins de l'édifice, mais bien le vide qu'il enveloppe » (Baridon, 2013, p. 196).

⁷⁷ « La ligne se charge d'évoquer ces compléments dont la forme est dépourvue encore mais que nous pressentons indispensables. Ces rapports sont des rapports de structure et l'office de la ligne, qui les établit, est de suggérer l'effort d'une énergie, là où la ligne de la forme manifeste une flexion dont la cause ne paraît pas évidente ; là, où les effets de la tension sur l'élasticité de la ligne de la forme évoquent l'action d'une direction énergétique, partie de l'intérieur de la forme » (Van De Velde, 1978, p. 65).

⁷⁸ « Les rapports entre cet ornement "structural et dynamographique" et la forme ou les surfaces, doivent apparaître si intimes, que l'ornement semble avoir "déterminé" la forme ! » (*Ibid.*, 1978, p. 65).

⁷⁹ Hector Guimard [1867-1942] explique en 1902, dans la revue *Architectural Record*, que la nature est la source d'inspiration pour son architecture, mais les principes trouvés dans la nature doivent être interprétés, définis et appliqués selon les besoins humains : « Nature is a big book from which we can draw inspiration, and it is in that book that we must look for principles, which, when found, have to be defined and applied by the human mind according to human needs » (Guimard, Bing, 1980, p. 6).

« C'est l'enthousiasme pour les formes du monde organique à la manière gracieuse du français Guimard ou bien effrayante et tragique de l'espagnol Gaudi. Le thème de l'eau, des organismes marins (méduses, anémones de mer, algues), la représentation des premières formes apparues sur Terre reviennent de manière incessante, indiquant la nostalgie d'un paradis protoplasmique ou utérin » (Zipper, Bekas, 1986, p. 14).

Quant à l'architecte allemand August Endell, son projet Bunttes Theater, construit en 1901 à Berlin, mais qui malheureusement a été détruit, présentait une inspiration zoologique marine, matérialisée dans la décoration intérieure : « Completed in 1901 for Ernst von Wolzogen, the Bunttes Theater (or Wolzogen Theater) reveals some of

Norberg-Schulz, grâce à la nouvelle technologie et à l'espace ouvert, l'architecture de l'Art Nouveau devient organique : « Dans ce style, [l'Art Nouveau] sensible et versatile, la technologie moderne, les nouveaux types de construction et la volonté fondamentale d'aboutir à un espace ouvert fusionnent grâce à un sens aigu de la qualité des phénomènes naturels et humains. [...] Les meilleures œuvres de l'Art Nouveau ont un caractère véritablement organique et, en effet, Pankok définit ses intentions comme visant : "La transformation de la matière morte en un être organique" » (Norberg-Schulz, 1991, p. 332). Par ailleurs, Henry Van de Velde considère que l'œuvre architecturale est constituée par plusieurs organes (le mur, la fenêtre, le pilier, la colonne, la corniche, etc.) qui deviennent vivants par le biais de la lumière et de l'ombre⁸⁰, et dont l'expression de la ligne se transforme en fonction de chaque organe, « selon que la fonction de celui-ci est de porter, de peser, d'élever ou d'enjamber, etc. ; et différemment selon la matière de chacun d'eux » (Van De Velde, 1978, p. 45).

La ligne en coup de fouet, la lumière et l'ouverture spatiale⁸¹, qui caractérisent l'Art Nouveau, constituent des éléments qui désignent la fluidité architecturale du début de XX^e siècle. Pour la compréhension du sujet de ce chapitre, et surtout de la fluidité de l'architecture Art Nouveau, il ne nous semble pas important d'analyser en détail les architectes et leurs œuvres, mais plutôt de trouver différentes hypothèses reliées à notre sujet. Pour cette raison nous présentons deux articles qui sont liés d'une certaine façon à la fluidité. La première référence pour l'expression de la fluidité architecturale est l'interprétation de l'Art Nouveau de Salvador Dali, texte apparu pour la première fois au début des années 1930, dans la revue *Minotaure 2* et plus tard, dans l'ouvrage

the most startling original decorative themes to be seen in any Art Nouveau building. Most are bizarre abstractions from zoological sources, especially 'marine creatures, dragons, sea-snakes, sea-horses and insects'. Inside, every opportunity was taken to express the organic theme, from the coral-like lamps hanging from the auditorium ceiling to the spider's-web railings of the upper circle » (Latham, 1980, p. 54).

⁸⁰ « Les matières attendent la vie des générateurs qui leur sont propres. Le métal et la pierre vivent quand l'action de la lumière lutte avec celle des ombres et que cette lutte fait frémir les surfaces. Lors, la lumière semble jaillir et les ombres s'enfoncer réellement dans la matière opaque ! La toile et les tissus vivent quand des jours ou des combinaisons de tissage, variant les jeux de la lumière, leur octroient la troisième dimension. Le verre vit quand sa surface se soulève, s'étire ou se tourmente ; multiplie les accents ou décompose la lumière que lui envoient les foyers voisins pour produire un fastueux rayonnement prismatique ! Le bois vit dès que l'outil réveille sa surface à la façon d'un soc qui retourne la terre endormie » (Van De Velde, 1978, p. 52).

⁸¹ Certains architectes de l'Art Nouveau « contribuèrent à concrétiser cette architecture de lumière en adoptant des distributions très ouvertes. Victor Horta, dans sa propre maison-atelier, utilisa l'escalier comme un volume vertical qui mettait en communication toutes les pièces de réception. Les grandes baies et les verrières ornées de vitraux coloraient un espace interne animé et harmonisé par un décor recourant à plusieurs matériaux pour être étendu sur toutes les surfaces. Ces motifs étaient inspirés du règne végétal et les lignes ondoyantes évoquant sa croissance accompagnaient cette fluidité de la lumière intensifiée par des lampes aux verreries efflorescentes » (Baridon, 2013, p. 197).

Victor Horta est l'architecte « qui peint avec la lumière, fait couler l'espace en flux continu, tord le métal en bouquets, redonne vie à la fibre du bois, persécute les tailleurs de pierre, anime les murs du mouvement perpétuel de ses lianes, tentacules et autres lignes en coup de fouet » (Présentation exposition Horta, 1996, p. 22). A l'intérieur de son projet, la Maison du Peuple [1897-1900], il créait « une impression spectaculaire, extrêmement fluide, grâce à la charpente métallique apparente dans tous les principaux volumes : bureaux, salle de réunion, salle de spectacle et café » (Frampton, 2006, p. 69).

Oui: Méthode paranoïaque-critique et autres textes. Sa vision surréaliste sur l'architecture de cette période, et l'association des formes de l'Art Nouveau au caractère *extra-plastic*⁸², constituent son apport original à ce chapitre de la thèse. Dali associe les colonnes en style Art Nouveau aux « cous fatigués portant des têtes hydrocéphales lourds » qui émergent pour la première fois dans le monde comme « les ondulations dures d'eau sculptée, exécutées avec instantanéité photographique⁸³ jusqu'alors inconnue ». Leur géométrie évoque une métaphore à la fumée figée et à la solidification de la végétation aquatique⁸⁴. Dali qualifie l'architecture de Gaudi comme la solidification des différentes expressions de l'eau en « véritables sculptures des nuages crépusculaires réfléchis sur l'eau »⁸⁵ (Dali, Veseley, 1978, p. 140).

Le second article, « Streamline et architecture » de Stéphane Laurent, est paru dans la revue *L'Architecture d'Aujourd'hui*, en 2000. L'auteur décrit l'organicité architecturale de l'Art Nouveau par rapport au *streamline*⁸⁶ car celui-ci « peut se combiner à d'autres champs de l'imaginaire technique comme la science-fiction et l'organique » (Laurent, 2000, p. 99). L'intérêt porté à cet article se concentre sur le terme de *streamline* qui, dans notre thèse, a été interprété comme l'écoulement laminaire ou turbulent, implicitement la fluidité laminaire ou turbulente. La différence est que l'article considère seulement l'influence du *streamline* sur la modélisation formelle, qui dépend de l'organique et de la science-fiction, tandis que cette thèse interprète le *streamline* par les deux types d'écoulement, comme des fluidités architecturales mouvantes, qui

⁸² Le caractère extra-plastic se réfère aux qualités plastiques de l'eau, de la fumée, etc. et pas dans le sens traditionnel de matériaux sculpturaux (Dali, Veseley, 1978, p. 139).

⁸³ L'instantanéité photographique est une allusion à sa propre notion de l'art comme une photographie de l'inconscient (*Ibid.*, 1978, p. 140).

⁸⁴ « Through Art Nouveau grandiose columns, as well as ordinary ones, which lean – incapable of supporting themselves – like tired necks bearing heavy hydrocephalous heads, will emerge into the world for the first time like the hard ondulations of *sculpted water* executed with hitherto unknown photographic instantaneity⁸⁴. They will grow out of the polychrome reliefs in waves whose immaterial ornamentation freezes the convulsive transition of even the weakest and most fugitive metamorphoses of smoke. They will solidify aquatic vegetations and the hair of these new women (who are more appetising than the slight thirst caused by the imaginative temperature of the life of the floral ecstasies in which they meet with their destruction) » (*Ibid.*, 1978, p. 140).

⁸⁵ « Gaudi has built a house based on the shapes of the sea 'representing' waves on a stormy day. Another as built from the calm waters on a lake. It is not a question of deceptive metaphors, or fairy tales and so forth: these houses actually exist (Paseo de Gracia, in Barcelona). What we have here are real buildings, *true sculptures of twilight clouds reflected on the water*, made possible by resorting to an immense, crazy, multicoloured and glowing mosaic of pointillist iridescence form which emerge *the shapes of wide waters, spreading waters, waters ruffled by the wind*. All these water-shapes are constellated into an asymmetrical, instant-dynamic sequence of syncopated reliefs entwined and fused by the naturalist stylised water lilies, which are solidified into impure annihilating eccentric convergences by thick protuberances of fear, spurting out of the unbelievable facade » (*Ibid.*, 1978, p. 140).

⁸⁶ Le streamline ou l'aérodynamisme « imite les formes fuselées et ogivales qui diminuent le coefficient de pénétration dans l'air pour les véhicules à grande vitesse. [...] des lignes parallèles se brisent au contact d'un quadrilatère avant d'aller mourir en tourbillons, tandis que sur une forme ovoïde se terminant en pointe ces mêmes lignes glissent puis reprennent normalement leurs cours initial. Le premier objet offre une forte résistance à l'air ou à l'élément liquide avec des frottements importants tandis que le second fend le flux avec plus d'élasticité, limitant l'opposition à l'élément dans lequel il se déplace » (Laurent, 2000, p. 98).

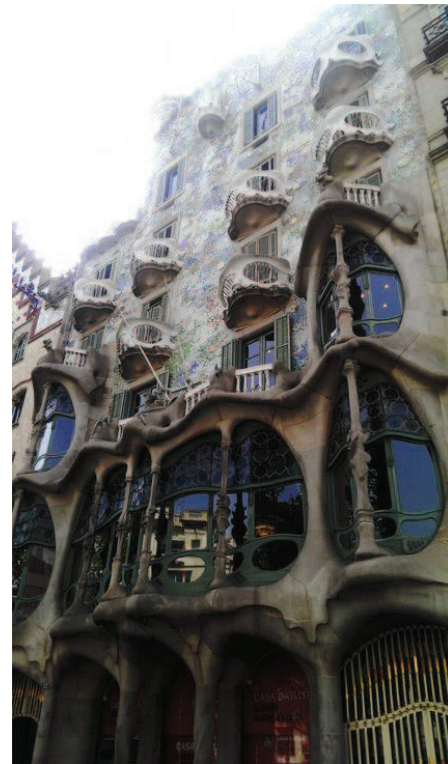
caractérisent l'atmosphère architecturale. En essence, il existe des similarités entre les deux interprétations, même si leur superposition n'est pas totale.

La fluidité architecturale de l'Art Nouveau présente pour la première fois une dichotomie entre la fluidité figée lourde, visqueuse, comme dans le cas de la fluidité architecturale gothique, baroque, ou même de l'Art Nouveau (par l'œuvre de Gaudi) et la fluidité légère, dans l'architecture d'Hector Guimard ou de Victor Horta, par la dématérialisation structurelle, réduite aux éléments fins en acier ou bois.



© Steve Cadman (photo)

Source : flickr.com/photos/stevecadman/771216725



© Irina Voda (photo)

Figure 8. La différence entre la fluidité légère des édicules d'accès aux stations du métro de Paris d'Hector Guimard, 1900, Paris (à gauche) et la fluidité lourde et visqueuse de la Casa Batlló de Antoni Gaudi, 1904-1906, Barcelone (à droite).

L'Expressionnisme entre organique et cristallin

Stéphane Laurent rapporte le *streamline* organique expressionniste de la tour Einstein d'Erich Mendelsohn au *streamline* de l'Art Nouveau : « Tel une ossature d'un organisme vivant, cet édifice d'observation astronomique, élaboré pour l'éminent savant, présente aussi des lignes fuselées qui s'étirent autant en longueur qu'en hauteur. Les ouvertures superposées inscrites dans les angles évoquent des passerelles de paquebots comme elles suggèrent aussi des vertèbres. Au contraire à l'Art Nouveau, ce ne sont plus des ornements sculptés ou peints, d'ailleurs absents, autrement dit l'extériorité de l'édifice qui se met en branle ; ce sont autant les masses que les modénatures,

travaillées de concert comme une sculpture. [...] Chez Mendelsohn, l'inspiration organique du streamline se combine à l'évolution de la science-fiction » (*Ibid.*, 2000, p. 100). En considérant que le terme d'expressionnisme⁸⁷ définit un champ architectural ambigu⁸⁸, en raison des différentes influences⁸⁹, l'architecture expressionniste vise deux directions : la tendance organique et la tendance cristalline⁹⁰. La tendance organique est dirigée vers les œuvres d'Hermann Finsterlin, Hans Poelzig, Rudolf Steiner, Fritz Höger, les frères Gerson, Erich Mendelson, Herman Obrist, Otto Bartning, Domenikus Böhm, etc., caractérisées par « une architecture vivante » et par la plastique formelle, similaire à l'ambition architecturale de Gaudi ou Jujol : « Leur seule violence pose l'expressionnisme comme révolte, rejet, revendication, incarnation d'une idée, même la plus excentrique » (Pousse, 1991, p. 32). L'architecture expressionniste, comme l'architecture baroque, « refusait l'harmonie, elle recherchait le pittoresque » (Pehnt, 1998, p. 11) et nous pouvons associer l'organique, et implicitement la fluidité, à cette recherche.

L'architecture expressionniste a été une source d'inspiration pour les œuvres organiques de F. L. Wright et pour la « géométrie indisciplinée », l'« enroulement continu » et l'« étagelement hélicoïdal » d'André Bloc, inspirées par les visions de Finsterlin. Celui-ci explique sa conception architecturale fondée sur une complexité formelle qui imbrique le monde des rêves et le monde réel : « Je souffrais d'une étrange et inexplicable aversion pour la vie dans des cubes, pour les surfaces planes et les angles droits, pour les caisses à objets domestiques appelés meubles. Dans ma vie éveillée comme dans mes rêves, mon regard supportait mal de poser sur des parois

⁸⁷ Nous ne voulons pas faire un débat sur la plausibilité de l'architecture expressionniste, mais nous considérons la définition du terme expressionnisme apparue comme une réaction à l'"impressionnisme" dans les arts plastiques pendant les années 1900 et 1911 : « S'il a d'abord été appliqué aux peintres postimpressionnistes, en particulier aux peintres fauvistes issus du cercle de Matisse, Gauguin, Cézanne et qui en étaient les successeurs, il a de plus en plus servi dans les pays de langue allemande à se démarquer de l'art français. "L'expressionnisme" devint "l'expressionnisme allemand". [...] Légèrement décalé par rapport au mouvement artistique, le concept d'architecture expressionniste fit son apparition deux ou trois ans plus tard. Le premier auteur à l'utiliser semble avoir été Adolf Behne qui, au début de 1913, employa le terme d'expressionnisme à propos de Bruno Taut. [...] Bruno Taut rejette loin de lui tous les éléments venus de l'extérieur, quelle qu'en soit la nature ("loi formelle, influence, pouvoir"). Ses maisons sont générées "de l'intérieur" comme une plante qui agrandit » (Pehnt, 1998, p. 13).

⁸⁸ « Utiliser le terme d'expressionnisme pour qualifier tel type d'architecture conduit à en préciser le sens. L'ennui est qu'au temps même de l'expressionnisme, cette notion a désigné des mouvements divers, réuni ensemble des peintres, des créateurs, des architectes, des œuvres fort différents que l'on a depuis ordonnés autrement et affublés d'autres "ismes". [...] L'expressionnisme comme valeur sémantique apparaît en Allemagne en 1911. Il désigne alors des tendances picturales, puis englobe aussi l'architecture, un peu plus tard, en 1915 » (Pousse, 1991, p. 32).

⁸⁹ « [...] la variété de l'expressionnisme en architecture, des architectes concernés, et du contenu des projets décourageant la définition. Certains viennent ou sont influencés par le Jugendstil (Art Nouveau), d'autres anticipent le rationalisme comme Peter Behrens » (*Ibid.*, 1991, p. 32).

⁹⁰ « L'architecture du futur, pour les architectes expressionnistes, sera organique et cristalline. Les « organiques » comme Mendelsohn, Finsterlin, Steiner, Scharoun, utilisent des contours véhéments et une netteté sommaire qui différencient leurs bâtiments de la syntaxe subtile de l'Art Nouveau. Les espaces intérieures se déplient vers l'extérieur, les ouvertures sont découpées dans l'enveloppe comme les orifices dans un organisme. Les « cristallins » comme Hablik, les frères Taut, Luckhardt utilisent les jeux de réfraction de la lumière, ils prêtent au verre les plus hautes vertus morales, voient dans le cristal une des formes possibles du Graal, un symbole de l'ultime et du sublime. Le cristal ne cache rien. Son secret réside dans sa transparence. Ambigü, sa surface reflète la lumière du monde extérieur » (Zipper, Bekas, 1986, p. 17).

horizontales et verticales, il voulait se sentir caressé par des formes complexes, semblables à celles des cavernes ou aux organes gigantesques surgis dans mes rêves par les formes d'un monde riche, plein de vie, excitant... » (Zevi, 2002, p. 977). L'architecture sculpture d'Hermann Finsterlin constitue l'exemple le plus pertinent pour la fluidité expressionniste organique grâce à son allure dynamique et audacieuse, comparable à un fluide figé à l'instant de son mouvement tourbillonnaire.

Les deux tendances expressionnistes, organique et cristalline (ou inorganique), expriment deux directions architecturales différentes : si l'organique exprime la spontanéité de la nature et ses mouvements, le cristal constitue l'inspiration expressionniste essentielle, matérialisée par la transparence du verre⁹¹. Pour cette raison, l'expression de la fluidité expressionniste est réduite à la fluidité de l'ambiance cristalline, mouvante et laminaire, et à la fluidité du pittoresque organique, lourde et sculpturale : « Les figures de l'expressionnisme empruntent aux spontanités de la nature, à ses mouvements, ses créatures, sa flore. Évidemment, entre ces sujets et leurs interprétations se glissent les visions de l'architecte. De l'inspiration pure et simple, à l'évocation, en passant par le détournement, les possibilités abondent. La nature se développe généralement à partir d'un noyau vers des périphéries, en géométries multiples, car adaptées aux milieux » (Pousse, 1991, p. 33). La tendance cristalline sera analysée dans le chapitre de l'ambiance, car l'interprétation de la lumière décrit une fluidité plutôt liée à l'atmosphère sensible et à l'ineffable.

Frei Otto : organique et bionique

Frei Otto est l'architecte qui a repensé l'organique, en réinterprétant les structures architecturales, comme des surfaces minimales (ou surfaces portantes légères) créées par des structures textiles, selon des modèles biologiques. Selon Frei Otto, l'architecture organique⁹² ne se réfère pas à la similitude végétale ou animale, mais plutôt à leur cohabitation dans un biotope naturel⁹³. La bionique est une notion qui est apparue pour la première fois en 1960, « lors d'un

⁹¹ La transparence du verre s'exprime par « l'aspiration à la pureté, à la clarté, à la luminosité, à l'exactitude cristalline, à la légèreté immatérielle et à la vitalité infinie : le verre était un moyen de réaliser tout cela ; le verre est la matière la plus immatérielle, la plus élémentaire, la plus changeante, la plus riche en expressions et en suggestions, la matière qui, plus que toute autre, se fond dans le monde, la matière la moins rigide apte à se métamorphoser avec les changements atmosphériques, d'une richesse de relations infinie, le haut reflétant le bas et le bas, le haut ; animée, spirituelle et vivante ! » (Pehnt, 1998, p. 32).

⁹² « C'est l'architecture qui ne s'oppose pas à la nature, celle qui reflète la nature de l'homme – et non plus uniquement sa nature d'animal prédateur. [...] Autrefois il a déjà existé des réalisations qui l'annonçaient : dans l'art baroque, dans le Jugendstil, dans l'art des années 20 » (Otto, 1985, p. 11).

⁹³ « L'objectif actuel est de bâtir des maisons et des villes qui soient naturelles. Pour être naturel, un produit humain ne doit pas nécessairement ressembler à une plante ou à un arbre. L'objectif à long terme, qui ne sera certainement pas atteint avant le siècle prochain, est que les maisons et les villes forment avec les plantes et les animaux un biotope naturel – donc que la maison ne s'oppose pas à la nature, mais que l'homme et sa technique fassent partie intégrante de la nature » (*Ibid.*, 1985, p. 9).

congrès à Dayton/Ohio, dans la bouche du major des forces aériennes J. E. Steele » (Hagen Hodgson, 2002, p. 54). Le concept décrit l'association entre la biologie et la technique et désigne le domaine qui se préoccupe des modèles constructifs de la nature. L'objectif de ce domaine est « d'examiner de manière détaillée les différents aspects des matérialisations des lois de la nature et de les traduire dans le domaine technique, sans transmission directe de leurs phénomènes »⁹⁴ (*Ibid.*, 2002, p. 54).

Selon Frei Otto, les structures « organiques » sont classées en deux catégories⁹⁵ : les structures dures et les structures molles. Les structures dures, qui intègrent la majorité des bâtiments conventionnels en pierre, en acier, en béton ou en bois, ont « une forme rigide, indépendante dans une large mesure de la nature de la charge » (Otto, 1985, p. 30), qui ne se modifie pas selon l'action des forces. En revanche, les structures molles (ponts suspendus, tentes, bulles ou voiles) « sont constituées en général d'éléments dont les formes peuvent facilement se modifier : fils, cordes, peaux ou membranes, entre autres » (*Ibid.*, 1985, p. 30). Ce type de structures peut devenir rigide grâce à leur capacité portante si leur forme est correctement prédéterminée. L'organicité, dans l'architecture de Frei Otto, se trouve dans la possibilité d'évolution et de transformation des structures molles en structures dures, processus qui est aussi valable dans le monde vivant : « au cours de processus de croissance certains systèmes s'organisent d'abord en tant que constructions molles, prennent forme dans cet état, puis durcissent et acquièrent par là une forme permanente, même s'ils sont soumis à des charges diverses » (*Ibid.*, 1985, p. 30). Si nous prenons en compte correctement le caractère particulier de chaque élément naturel, nous pouvons interpréter d'une manière architecturale même les liquides, qui dépendent directement de leur viscosité et de leur tension superficielle⁹⁶.

L'architecture de Frei Otto, comme le toit du stade olympique de Munich, constitue une fluidité figée légère, fondée sur des surfaces portantes légères, inspirées non seulement du monde vivant, mais aussi de la nature non-vivante, dans laquelle « les systèmes s'auto-organisent et

⁹⁴ Il s'agit de s'approprier les connaissances de la technique et de la physique afin de tirer des leçons de la nature en vue d'une création technique (ou architecturale) autonome, c'est-à-dire sans copie servile – du moment que la nature ne se laisse pas copier » (Hagen Hodgson, 2002, p. 54).

⁹⁵ Le critère adopté par Otto pour cette classification est la permanence de la forme ; il envisage le fait que « les frontières séparant ces deux domaines sont d'ailleurs fluctuantes et il existe toutes sortes de formes de transition » (Otto, 1985, p. 30).

⁹⁶ « [...] même des liquides peuvent former des fils, s'ils sont suffisamment visqueux. En raison de leur tension artificielle, ils sont capables de former des membranes de plus ou moins grande surface, qui n'ont que quelques molécules d'épaisseur ; celles-ci peuvent être planes ou courbées dans l'espace ; soutenues par une surpression interne (= bulle de savon, pneu, forme de coupole) ou tendues à l'intérieur d'une bordure fermée rigide ou lâche (= surface minimale, membrane de savon, tente, forme de selle). Fils et membranes de liquides peuvent devenir rigides et se transformer en constructions « dures ». Dans la nature, les peaux sont constituées de fibres isolées, enchevêtrées sans ordre, intégrées comme éléments porteurs dans les cellules et la substance intermédiaire » (*Ibid.*, 1985, p. 73).

s'autorégulent en fonction des conditions externes et internes » (*Ibid.*, 1985, p. 16). La recherche de Frei Otto⁹⁷ sur la relation entre l'architecture et la bionique a constitué un début prometteur pour l'architecture morphogénétique actuelle, influencée au cours de son évolution par d'autres architectes comme Buckminster Fuller⁹⁸, Pier Luigi Nervi⁹⁹, Eero Saarinen¹⁰⁰ ou Santiago Calatrava¹⁰¹.

3.3. L'organique et la fluidité : expressions architecturales contemporaines

L'architecture contemporaine offre une palette d'expressions organiques diverses. La technologie numérique propose des méthodes algorithmiques pour matérialiser la morphogénèse, l'émergence, l'évolution, la croissance et la complexité du monde vivant, en surprenant l'interaction entre l'objet et l'environnement. L'« organique » contemporain devient une recherche transdisciplinaire, fondée sur la « naturalisation de l'architecture »¹⁰² sous différentes

⁹⁷ Pour son projet « la colonne flexible » (en 1963), Otto s'inspire des méandres, qui sont étroitement liés aux spirales : « Si la croissance des deux surfaces varie de façon périodique, la forme ondule d'avant en arrière, formant ainsi un méandre. Les muscles des serpents se contactent et se relâchent alternativement de façon cyclique sur chaque flanc. Cette alternance de contractions et d'expansions force le corps à onduler, de la même façon que nos muscles contrôlent la forme variable de notre colonne vertébrale et que les fils contrôlent la forme de la colonne flexible de Frei Otto. Dans le modèle d'Otto, des plaques triangulaires de taille décroissante vers le haut supportent la compression due à la charge. Elles jouent le rôle des vertèbres » (Zipper, Bekas, 1986, p. 27).

« Dans la nature, les insectes et les araignées produisent une véritable technologie animale de structures tendues et de filets. La toile d'araignée, filtre de l'espace, et le cocon de l'insecte, lacis protecteur des larves, en sont les meilleurs exemples. [...] Frei Otto s'inspire de la toile d'araignée pour concevoir des structures légères, lumineuses, rapidement mises en tension. Pour couvrir une arène musicale, il imagine une vaste "verrière" rétractable de toile et de câbles. Il semble ainsi réajuster les auvents végétaux de Guimard aux exigences dimensionnelles contemporaines » (*Ibid.*, 1986, p. 37).

⁹⁸ Buckminster Fuller « découvre que les radiolaires, sortes d'amibes marines, utilisent la structuration géodésique et les principes de la géométrie énergétique/ synergétique dans leur auto-formation. Préoccupés par une préfabrication et un assemblage simple, ainsi que par l'économie de matière, Fuller puis Steve Baer s'inspirent de ces micro-organismes pour concevoir des enveloppes rigides et cristallines, dômes géodésiques qui couvrent l'espace de leur perfection platonicienne » (Zipper, Bekas, 1986, p. 36).

⁹⁹ Pier Luigi Nervi « déjoue la difficulté en adoptant en éclatement inspiré de la phyllocladite spiralée observable par exemple dans la pomme de pin, la marguerite, le tournesol ou le soleil. La matière est expulsée vers l'extérieur en une explosion spiralée. La coupole nervurée du Palazzetto des sports à Rome est une coque, tronquée, construite sur ce modèle. [...] Comme chez Gaudi, ils sont dirigés dans la direction de la compression exercée par la voûte » (*Ibid.*, 1986, p. 29).

¹⁰⁰ « [...] les coques peuvent adopter une forme totalement libre. Le bâtiment devient alors véritablement organique. Pour la réalisation du TWA terminal à New York, des coques libres sont utilisées par Eero Saarinen. Le toit du bâtiment est composé de quatre surfaces balayantes à double courbure. Les nervures s'éloignent de la direction du support pour renforcer l'incroyable charge de "voilure", tandis que simultanément elles raidissent les coques contre la déformation. Ces nervures ne sont pas de simples appendages ajoutés aux bords du toit mais elles développent organiquement vers l'extérieur la totalité de la fonction structurale » (*Ibid.*, 1986, p. 41).

¹⁰¹ « Calatrava a certainement étudié et dessiné un grand nombre d'os d'animaux et les a transcrits de manière virtuose dans ses projets, il n'a pour autant leurs caractéristiques de manière purement esthétique et non de manière constructive » (Hagen Hodgson, 2002, p. 54).

¹⁰² « Naturaliser l'architecture » est le titre de l'exposition d'ArchiLab, à FRAC Centre (Fonds Régional d'Art Contemporain), Orléans, septembre 2013-février 2014. Cette exposition s'appuie sur des exemples où « l'architecture croise désormais les sources de la biologie moléculaire jusque dans les processus de réplication, de transcription ou de translation du matériel génétique. Ainsi, les architectes peuvent mettre en place des modèles complexes reposant sur des processus d'autogénération de la matière et intégrant des variables programmatiques, sociales, matérielles, ou

formes, afin de recréer non seulement le phénotype, mais aussi le génotype végétal et animal¹⁰³. Outre la reconstitution génétique, la nouvelle architecture organique prend en compte la question de la « durabilité », en inaugurant une « méta-écologie », par « la maîtrise de principes de formation et de croissance propres au domaine du vivant » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 11).

L'architecture contemporaine se démarque de l'architecture d'autres périodes par l'empreinte de la culture numérique non seulement sur la forme des objets, mais aussi sur le processus de création. Donc, même si, par exemple, nous pouvons trouver souvent des similitudes entre l'organique baroque et l'organique contemporain¹⁰⁴, par les ondulations de la forme ou par les plis de la matière¹⁰⁵, la représentation est différente car « tandis que le baroque demeurerait, malgré ses transgressions, l'héritier de la croyance de la Renaissance en des principes d'ordre et de proportion censés conférer à l'architecture une perfection aux résonances métaphysiques, l'architecture numérique prend ses distances à l'égard de toute quête de la plénitude ou de la perfection » (Picon, 2010, p. 77). Cette imperfection est évoquée par la complexité formelle, qui est « intimement liée à des propriétés comme la non-linéarité et l'émergence » et qui constitue « un mot clef pour les sciences physiques et biologiques contemporaines » (*Ibid.*, 2010, p. 80).

L'émergence¹⁰⁶ est un concept apparu en plusieurs disciplines, tout en étant « fortement corrélée à la biologie évolutionniste, l'intelligence artificielle, théorie de la complexité, la cybernétique et de la théorie générale des systèmes » (Weinstock, 2004, p. 10). Ce concept constitue à la fois une théorie et une pratique car il recouvre aussi bien l'explication de l'évolution et le fonctionnement des systèmes naturels qu'une série de prototypes et de processus de création, afin de produire

environnementales. La maîtrise de ces processus fait de l'hybridation un nouvel ordre architectural » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 10).

¹⁰³ « Dans la nature, le génotype comprend la constitution génétique d'un individu, tandis que le phénotype est le produit des interactions entre le génotype et l'environnement » (O'Reilly, Hemberg, Menges, 2004, p. 49).

« Grâce à une maîtrise mathématique avancée, l'architecture se joue désormais au niveau de la matière et tend vers une recreation intégrale de l'organique, rendue possible par la science. [...] Dépassant largement les frontières de leur discipline, les architectes développent désormais une pratique à la croisée du design, des sciences informatiques, de l'ingénierie et de la biologie » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 10).

¹⁰⁴ Selon Antoine Picon, « d'un point de vue stylistique, on a parfois suggéré que cette liberté conduisait à une sorte de baroque se caractérisant par le caractère dynamique des formes et l'importance accordée aux déformations géométriques. Il est vrai que des nombreux projets contemporains ressemblent à des flux ou à des vagues figés faisant songer aux ondulations des murs du Bernin ou de Borromini. A des échelles différentes, de la modestie du Water Garden conçu pour la maison Jeffrey Kipnis à Columbus jusqu'au gigantisme de leur proposition pour le concours du West Side à New York, l'architecture de Jesse Reiser et Nakano Umemoto fournit plusieurs exemples de partis fondés sur l'imitation de flux figés. D'autres productions numériques évoquent plutôt le jeu complexe, quasi fractal, des volumes et de la lumière dans les coupoles de Guarini. L'extension proposée par Daniel Libeskind pour le musée Victoria et Albert de Londres se rattache à ce courant » (Picon, 2010, p. 72).

¹⁰⁵ « Se réclamant fréquemment de Deleuze, l'utilisation de surfaces pliées ou fractales peut apparaître non seulement comme un lointain écho des ondulations baroques mais comme l'expression d'une parenté intellectuelle fondée sur les notions de complexité, de multiplicité et de mouvement » (*Ibid.*, 2010, p. 72-73).

¹⁰⁶ La question d'émergence a été analysée par Michael Hensel, Achim Menges et Michael Weinstock, dans le périodique *Architectural Design*, sous le titre d'« Emergence : Morphogenetic Architectural Strategies », en 2004.

des formes et des comportements complexes¹⁰⁷. L'émergence en architecture exprime un changement vers un nouveau paradigme et ses techniques de l'évolution et de la morphogénèse¹⁰⁸, fondée sur une pensée mathématique. Donc, nous devons trouver la dynamique d'organisation et d'interaction dans les lois mathématiques auxquelles les systèmes naturels obéissent et qui peuvent être utilisées par les systèmes construits artificiellement¹⁰⁹.

L'architecture contemporaine « naturalisée » met en évidence la différence subtile entre le biomorphisme et le biomimétisme¹¹⁰. Si le biomorphisme indique l'imitation et la reproduction des formes, le biomimétisme exprime leur simulation « à travers une approche générative » et leur recréation artificielle « en renouant avec la dimension auto-organisationnelle du vivant, mue par des principes de mutabilité et de discontinuité » (Brayer, 2013, p. 16). Cette distinction est expliquée aussi par Achim Menges, qui considère qu'« au lieu d'opérer une simple translation des modèles biomorphiques de la biologie vers l'architecture, le transfert de connaissance se fait sur un plan systémique et performatif »¹¹¹ (*Ibid.*, 2013, p. 23). En fait, le biomimétisme correspond à la morphogénèse, terme qui souligne que « le point important n'est pas tant l'apport de matière que son organisation en *formes* fonctionnelles et robustes » (Lesne, 2013, p. 190) selon des principes inspirés de la morphogénèse animale ou végétale.

3.3.a) Les moyens de la recréation numérique du monde vivant

Le questionnement de Johann Wolfgang von Goethe sur la morphologie¹¹², dans son ouvrage *Writing on Morphology* (1817), est interprété un siècle plus tard, d'une manière évolutive, par

¹⁰⁷ Nous parlons d'une complexité irréductible : « In the sciences, the term refers to the production of forms and behavior by natural systems that have an irreducible complexity, and also to the mathematical approach necessary to model such processes in computational environments » (Weinstock, 2004, p. 10).

¹⁰⁸ « Emergence does not await a practice and defies conventional categorisation as either theory or practice. Emergence is both an explanation of how natural systems have evolved and maintained themselves, and a set of models and processes for the creation of artificial systems that are designed to produce forms and complex behavior, and perhaps even real intelligence. The impact of emergence on architecture has significant potential, and an important shift towards the new paradigm and its techniques of evolution and morphogenesis » (The Emergence and Design Group, 2004a, p. 6).

¹⁰⁹ « The task of architecture is to delineate a working concept of emergence and to outline the mathematics and processes that can make it useful to us as designers. This means we must search for the principles and dynamics of organization and interaction, for the mathematical laws that natural systems obey and that can be utilized by artificially constructed systems » (Weinstock, 2004, p. 10).

¹¹⁰ « Biomimetics, also referred to as bionics, biomimicry, bioinspiration or bioinspired design, can be defined as the implementation of design principles derived from biology. These principles can be applied, literally, with a biomorphic approach, or can be applied to an approach that is more orientated towards systems » (Vincent, 2009, p. 76).

¹¹¹ L'objectif de l'architecture biomimétique est « de mettre en œuvre un système matériel informé biologiquement qui réunisse les principes de conception issus de la nature avec ceux de la fabrication » (Brayer, 2013, p. 23).

¹¹² En 1817 Goethe écrivait : « Will we not attain a more satisfactory insight into the mysterious architecture of the formative process by looking into the following question: How does a surrounding element, with its various specific characteristics, affect the general form we have been studying? How does the form, both determined and determinant, assert itself against these elements? What manner of hard parts, soft parts, interior parts and exterior parts are created

D'Arcy Thompson, dans son *Forme et croissance (On Growth and Form, 1917)*. Les études morphologiques de Thomson s'appuient sur la conception de « la croissance et la forme comme une transformation des patterns géométriques naturels sous l'influence déformationnelle et évolutionnaire des forces environnementales » (Oxman, 2013, p. 108). Ses études ne comprennent pas uniquement la recherche de la forme et des structures organiques, mais aussi le sujet de la compréhension de la forme « en tant que processus naturel – comme produit de la croissance et de l'adaptation des organismes à des conditions environnementales spécifiques » (*Ibid.*, 2013, p. 108). La recherche de la forme par des modèles exploitant les forces de l'environnement était aussi analysé par Frei Otto et l'ILS (Institut pour Structures Légères). Ses expérimentations ont ouvert « la conception architecturale et l'ingénierie à des solutions formelles irrégulières – libres pourrait-on dire – comme la coque en treillis de la Mannheim Multihalle¹¹³, réalisée en 1975 » (*Ibid.*, 2013, p. 109). Dans ce contexte, l'organique est qualifié comme l'« expérience interactive d'une relation intégrée entre forme, structure, matériau, dans le cadre d'un processus de recherche de forme » (*Ibid.*, 2013, p. 109). La dynamique, intégrée implicitement dans la recherche formelle et structurelle, détermine la fluidité de ces systèmes. Selon Frei Otto, cette recherche implique le processus de l'auto-organisation du système matériel sous l'influence des forces extrinsèques¹¹⁴, où l'irrégularité, en tant qu'attribut de la complexité de la structure vivante, devient un élément indispensable pour la technologie¹¹⁵.

Rivka Oxman définit deux modèles de recherche de la forme et de l'émergence en architecture : le modèle analogique et le modèle numérique. Ainsi, « les modèles théoriques scientifiques de Thompson basés sur l'évolution, les pratiques morphologiques et morpho-génératives d'architectes modernes comme Sullivan et Wright, et les expériences en matière de conception menées à partir de la physique d'Otto et de l'ILS », décrivent le modèle analogique¹¹⁶ et constituent les précédents du modèle numérique et de la recherche morphogénétique actuelle, dénommée la « morphogénèse digitale » (*digital form-finding*). (*Ibid.*, 2013, p. 109).

in the form by this effect? And what is wrought by the elements through all their diversity of height and depth, region and climate? » (The Emergence and Design Group, 2004b, p. 41).

¹¹³ « The Multihalle in Mannheim in Germany was the first built grid-shell and the design was developed through a series of form-finding models. Once the overall form was satisfactory, a detailed nonrigid suspended net model was built. A nonrigid net assumes, under its own weight, a spatially curved suspended form with only tensile forces acting on it. The inverted form is called a thrust surface, which is free of moments and stressed by axial compression. The conversion of the form of the suspended net model is the basis for the construction of a grid shell » (Frei Otto in Conversation with the Emergence and Design Group, 2004, p. 21).

¹¹⁴ « The form of grid shells can be established through form-finding methods, which deploy the physical process of self-organisation of a material system under the influence of extrinsic forces » (*Ibid.*, 2004, p. 21).

¹¹⁵ « The structure of living nature is very complex. In living structure every element is different. This is why living structures do not tear easily. Irregularity is important not only in biology but also in technology, and is a field that has not been researched enough » (*Ibid.*, 2004, p. 25).

¹¹⁶ Selon Marie-Ange Brayer, « au XX^e siècle, les modèles analogiques de Frei Otto, démontrant l'autogénération, renvoient aux phénomènes naturels comme à la construction » (Brayer, 2013, p. 17).

Même si nous considérons la morphogénèse digitale, basée particulièrement sur des algorithmes génétiques et des techniques de simulation organiques, comme un processus contemporain, ce modèle numérique est en fait fondé sur l'évolution de la culture numérique génétique, à partir de l'emploi d'*automates cellulaires*¹¹⁷, étudiés en 1945 par le mathématicien John von Neumann dans son ouvrage, *Theory of Self Reproducing Automata* (Brayer, 2013, p. 15). Les automates cellulaires ont été employés plus tard par le mathématicien John Horton Conway (vers 1970), dans le « jeu de la vie » et par l'écologiste Thomas Ray (vers 1990) dans le programme Tierra Synthetic Life, qui « simule des processus comme la dynamique d'un équilibre ponctué ou encore l'évolution simultanée d'un hôte et de son parasite » (Picon, 2010, p. 99). Il nous semble important de remarquer les prémisses mathématiques de la morphogénèse digitale afin de comprendre ce modèle numérique comme une évolution permanente pendant le XX^e siècle, et pas comme une tendance apparue soudainement grâce au développement des outils numériques. Le premier système d'auto-organisation a été proposé, sans utiliser à l'époque cette terminologie, en 1952, par le mathématicien Alan Turing dans l'article *The Chemical Basis of Morphogenesis*. Ce modèle, appelé aujourd'hui les « structures de Turing », est le résultat des équations de réaction-diffusion, fondé sur l'analyse des concentrations inhomogènes mais périodiques, apparues dans un mélange spatialement homogène entre deux espèces chimiques¹¹⁸. En réalité, ce modèle n'est pas suffisant pour définir l'auto-organisation biologique, car il manque les mécanismes de régulation, qui assurent « la robustesse ou l'adaptabilité de l'état auto-organisé et de ses fonctions face à des influences et changements extérieurs » (Lesne, 2013, p. 192) Ce mécanisme de régulation supposerait que « l'effet est capable de modifier la cause et de l'ajuster pour qu'elle produise l'effet adéquat dans le nouvel environnement »¹¹⁹ (*Ibid.*, 2013, p. 192).

Le physicien et le chimiste belge Ilya Prigogine, connu pour ses théories en thermodynamique sur les structures dissipatives et l'auto-organisation des systèmes, soutient l'idée que le flux d'énergie

¹¹⁷ Les *automates cellulaires* sont « des modèles mathématiques qui se comportent comme des systèmes vivants, interagissant les uns avec les autres et s'autoreproduisant comme les cellules humaines, à la base de logiciels de simulation tels que *Cellular automata* » (*Ibid.*, 2013, p. 15). En même temps, ces modèles sont entièrement discrets : « [...] l'espace est découpé en cellules, pouvant prendre un nombre fini d'états (vide ou occupé, ou bien une certaine couleur). À chaque pas de temps, l'état de chaque cellule est actualisé en fonction de celui des voisines, suivant une règle donnée, faisant éventuellement intervenir une part de hasard. On reproduit ainsi un grand nombre de motifs, aussi bien réguliers que très complexes » (Lesne, 2013, p. 195).

¹¹⁸ Le système proposé par Alan Turing est « la conjonction de réactions locales entre deux espèces chimiques et de leur diffusion moléculaire (le mouvement aléatoire des molécules résultant de l'agitation thermique). Pour certaines valeurs des vitesses de réaction et des coefficients de diffusion, le mélange spatialement homogène des deux espèces est instable, et la dynamique fait apparaître des inhomogénéités de concentrations. De façon remarquable, celles-ci forment des motifs périodiques où la concentration d'une des espèces domine par rapport à l'autre. La période spatiale de ces motifs, appelés des *structures de Turing*, dépend des différents paramètres de la dynamique » (Lesne, 2013, p. 191).

¹¹⁹ Un exemple pour la dépendance entre l'effet et la cause serait « un thermostat où la mesure de température modifierait sélectivement et spécifiquement chaque élément de l'habitation, et pas seulement l'activité du radiateur » (*Ibid.*, 2013, p. 193).

est l'élément qui, soumis à des nombreuses petites variations ajustées par le « feedback » de l'environnement pour conserver l'équilibre, génère l'auto-organisation et la réorganisation des systèmes vers une complexité dans une permanente croissance¹²⁰.

Les « L-systèmes » (*Lyndenmeyer systems*) sont des modèles numériques de formes végétales qui produisent des structures par « l'itération de règles locales de croissance, branchement ou de fructification »¹²¹. Ce modèle constitue le fondement du Genr8¹²², un *plug-in* pour le programme *Alias Wavefront's 3-D modeler Maya*. Il décrit une association de l'évolution grammaticale, comme algorithme évolutionnaire, et une extension des L-systèmes, fournie par *Hemberg-Extended-Map-Lindenmayer-System (HEMLS)*¹²³, comme algorithme génératif du processus de croissance¹²⁴. Les L-systèmes assurent la réalisation de la forme en exploitant l'interaction de deux composants : « la définition, la forme de base et des règles de réécriture qui spécifient comment les éléments de la forme changent, et un processus graphique qui réinterprète d'une manière répétitive ces règles, en respectant la forme actuelle »¹²⁵ (O'Reilly, Hemberg, Menges, 2004, p. 50). La description des moyens numériques décrit en fait le développement de l'architecture morphogénétique et démontre que la dynamique architecturale organique actuelle est devenue plus fidèle aux systèmes naturels et qu'elle se trouve dans une évolution permanente.

¹²⁰ Ilya Prigogine « argued that all biological organisms and many natural nonliving systems are maintained by the flow of energy through the system. The pattern of energy flow is subject to many small variations, which are adjusted by 'feedback' from the environment to maintain equilibrium, but occasionally there is such an amplification that the system must reorganize or collapse. A new order emerges from the chaos of the system at the point of collapse. The reorganization creates a more complex structure, with a higher flow of energy through it, and is in turn more susceptible to fluctuations and subsequent collapse or reorganization. The tendency of 'self-organised' systems to ever-increasing complexity, and of each reorganization to be produced at the moment of the collapse in the equilibrium of systems extends beyond the energy relations of an organism and its environment » (Weinstock, 2004, p. 14).

¹²¹ « Par rapport aux automates cellulaires, l'espace architectural se déploie à mesure de l'édification. Les possibilités de croissance d'un arbre augmentent à chaque nouvelle ramification. Ces modèles réalisent une construction récursive, éventuellement modulaire ou hiérarchique. Ils rejoignent ainsi les algorithmes utilisés pour engendrer des structures fractales » (Lesne, 2013, p. 195).

¹²² « Genr8 has three key innovations. First the representations of software uses for the surface as both a genome (a HEMLS) and a phenotype (the surface); second, the process within the evolutionary computation where the genome is interpreted repeatedly to generate a surface; and third, the possibility of interrupting, intervening, informing and resuming the evolutionary process » (O'Reilly, Hemberg, Menges, 2004, p. 51).

¹²³ « The specific growth model implemented in Genr8 is provided by Hemberg-Extended-Map-Lindenmayer-System (HEMLS), which extends Map L-systems by allowing for the growth of surfaces in 3-D space. It also includes more complex grammars and a simulated physical environment. Consequently, HEMLS generates surfaces [...] represented by a graph data structure that consists of a set of edges, vertices and regions. Since all edges can be rewritten throughout the entire growth process, all parts of the surface change continuously. These interactions are complex and the interpretation of the HEMLS is nonlinear, so the outcome of the growth process is open-ended and unpredictable » (*Ibid.*, 2004, p. 50).

¹²⁴ Selon Annick Lesne, les algorithmes génétiques « font varier au hasard les paramètres des processus élémentaires. Seules les combinaisons de valeurs améliorant la structure globale ou le comportement émergent sont conservées, et utilisées comme point de départ de l'étape de variation-sélection suivante. L'algorithme est itéré jusqu'à obtenir un résultat satisfaisant pour l'objectif prescrit » (Lesne, 2013, p. 196).

¹²⁵ « The growth process is inspired by Lindenmayer systems (L-systems), which achieve form by exploiting the interaction of two components: the definition, a seed of the form and rewriting rules that specify how elements of the form change, and a graphical process that repeatedly reinterprets the rules with respect to the current form » (O'Reilly, Hemberg, Menges, 2004, p. 50).

3.3.b) La matérialisation de la morphogénèse dans l'architecture contemporaine

Entre septembre 2013 et mars 2014, Marie-Ange Brayer et Frédéric Migayrou réalisent au FRAC Centre, Orléans une exposition ArchiLab, sous le nom « Naturaliser l'architecture ». Cette exposition classe l'architecture contemporaine « naturalisée » en quatre sections : rustique, géométrique, organique et écophysique, où « le développement numérique, conjugué aux domaines des sciences telles que bio – et nanotechnologies, autorise des formes architecturales inédites, capables de reproduire, grâce aux algorithmes, des phénomènes naturels, comme la croissance du vivant » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 10). Nous considérons l'architecture « naturalisée » comme l'expression contemporaine de l'architecture organique, mais nous réinterprétons la classification de Brayer et Migayrou. Effectivement, l'intention de reclasser l'architecture organique contemporaine selon le critère de la fluidité serait plausible car les expressions de la fluidité diffèrent elles-mêmes dans le monde naturel. Par conséquent, selon la fluidité architecturale, l'architecture organique serait classifiée en deux catégories : l'architecture organique complexe en forme et matière et l'architecture organique réactive à l'environnement. La complexité en forme et matière évoquerait une fluidité caractérisée par les fractales, les plis et le chaos, en impliquant l'auto-organisation de la matière, l'émergence et l'évolution formelle. La réactivité à l'environnement exprimerait une fluidité dynamique par une transformation continue à travers le temps.

En vérité, une classification des projets architecturaux actuels qui touchent d'une certaine façon la dimension « naturelle » devient presque impossible car le travail sur la matière annonce un écho aussi bien dans la complexité formelle, que dans son rapport à l'environnement. Inversement, une approche sur l'adaptation de l'architecture au climat implique automatiquement un travail sur la forme et sur la matière. En conclusion, la fluidité architecturale organique désigne une imbrication entre la recherche sur la matière, sur la forme et sur leur évolution rapportée à l'environnement.

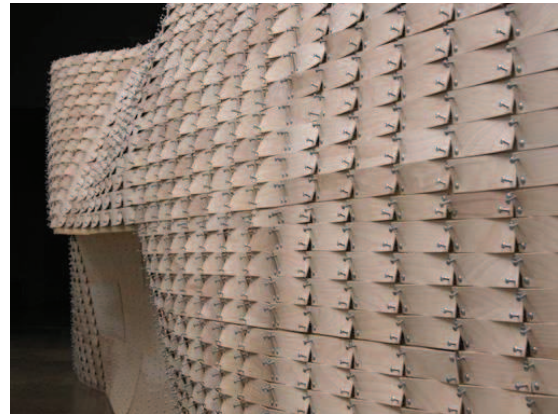
La variation formelle : une interdépendance de la matière et de l'environnement

L'évolution numérique de l'architecture pendant le XX^e siècle a ouvert de nouvelles directions vers une compréhension différente de l'architecture organique. Outre la position de Greg Lynn, qui associe toujours l'architecture organique à la mathématique différentielle¹²⁶, les algorithmes

¹²⁶ « The computer is not nature. Although it makes shapes that are temporally and formally open to deformation and inflection, those shapes are not organic. The organic appearance of what will later be discussed as a system of interaction and curvilinearity is a result of organisational principles based on differentials. The formal organisations that

génétiques et évolutifs constituent le fondement actuel d'une conception morphogénétique, naturalisée et organique, grâce à sa capacité d'auto-organisation, d'adaptation et de régularité¹²⁷. Selon Greg Lynn, le potentiel évolutif de l'architecture, interprété comme *animate form*¹²⁸, est plutôt virtuel ; une architecture dynamique peut être conçue selon les forces et les mouvements virtuels, mais à la fin, sa forme ne se modifie plus¹²⁹.

Cette idée est contredite par les prototypes de l'architecte Achim Menges, qui n'analyse pas seulement la forme en tant que telle, mais plutôt rapportée à sa matérialité et à son environnement. Le projet *Metapatch* (2004), développé par Joseph Kellner and David Newton dans le cadre du studio « Generative Proto-Architectures Studio » à Rice School of Architecture, Houston, sous la direction de Michael Hensel et Achim Menges, est fondé sur l'hypothèse que la capacité matérielle d'un



© Joseph Kellner & David Newton, Rice University, Houston, 2004, GPA Studio 01 (M. Hensel, A. Menges)
Source : achimmenges.net/?p=4417

Figure 9. Le projet *Metapatch*, 2004.

système comprenant des éléments uniformes peut être employée afin de réaliser des configurations variables et pourtant stables, à courbure complexe, due à une vaste gamme d'actionneurs locaux (Menges, 2006, p. 81). Le prototype montre la capacité du matériau (dans ce cas, le bois) à transformer, par son comportement lié à l'environnement, une surface plate dans une géométrie alternativement concave et convexe. La complexité morphologique évolutive, dérivée du comportement des éléments en bois et gérée par computation, se matérialise par une surface ondulée autoportante et stable¹³⁰.

result from the sequential mathematical calculation of differential equations are irreducibly open in terms of their shape. They are often interpreted as organic because of the inability to reduce these shapes to an ideal form. In contrast, the reducible, fixed forms of dimple mathematics – such as spheres, cubes, pyramids, cones and cylinders – have a simplicity and purity that allows them to transcend their formal particularities » (Lynn, 2011, p. 19).

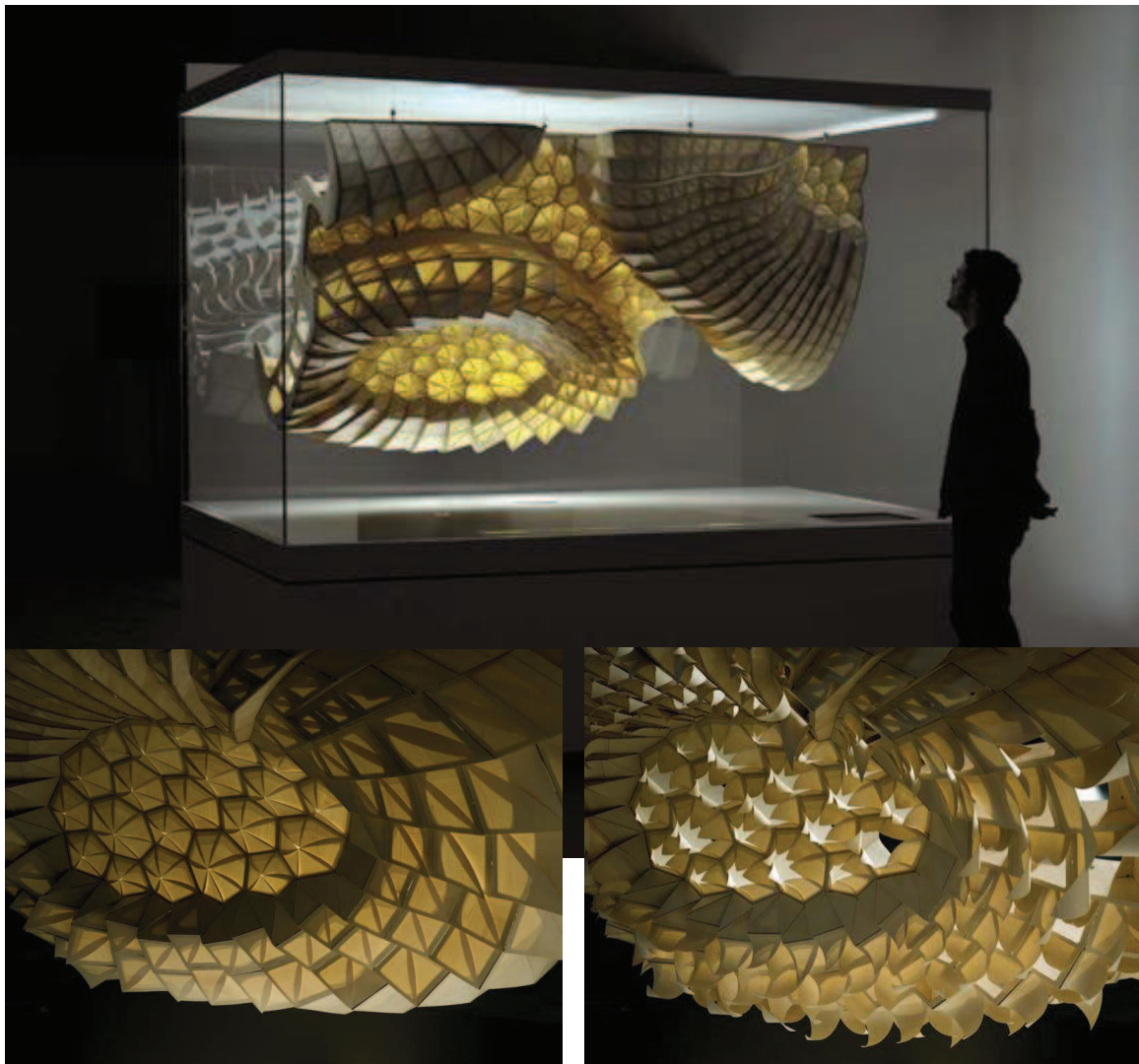
¹²⁷ « Evolutionary algorithms, traditionally utilized for optimization, are now also initiated for their adaptive qualities. They permit performative morphological processes, adaptiogenesis¹²⁷ and inherent novelty to be investigated in bounds greatly superseding hand-driven experimentation » (O'Reilly, Hemberg, Menges, 2004, p. 49). *Adaptiogenesis* est le processus par lequel des nouvelles adaptations se produisent d'une manière continue, tandis que l'adaptation constitue le processus d'ajustement d'un individu à des conditions environnementales en fonction des modifications évolutives permanentes (*Ibid.*, 2004, p. 51).

¹²⁸ « Animation is a term that differs from, but is often confused with, motion. While motion implies movement and action, animation implies the evolution of a form and its shaping forces ; it suggests animalism, animism, growth, actuation, vitality and virtuality » (Lynn, 2011, p. 9).

¹²⁹ « the forms of a dynamically conceived architecture may be shaped in association with virtual motion and force, but again, this does not mandate that the architecture change its shape. Actual movement often involves a mechanical paradigm of multiple discrete positions, whereas virtual movement allows form to occupy a multiplicity of possible positions continuously with the same form » (*Ibid.*, 2011, p. 10).

¹³⁰ « The configuration tested as a large scale prototype consists of initially flat, identical timber patches onto which equal elements with actuator bolts are attached on one side. [...] The resulting material system consists of 48 identical

Le même principe est employé par les projets *Responsive Surface Structure* (2006-2008) par Steffen Reichert, sous la direction d'Achim Menges, ou *HygroScope : Meteorosensitive Morphology* (2012). Dans ce dernier projet, l'architecte conçoit un matériau composite, à base de bois, qui réagit plus rapidement aux changements de l'humidité. Ces expérimentations en design conduisent la recherche sur le comportement biomimétique des matériaux vers une implémentation architecturale, concrétisée par des pavillons, comme le *HygroSkin : Meteorosensitive Pavilion* (2011-2013), par Achim Menges et Steffen Reichert. La peau (*skin*) du pavillon, sensible aux conditions environnementales, s'ouvre et se ferme automatiquement, selon l'humidité présente en atmosphère, sans aucun dispositif de contrôle mécanique ou électronique.

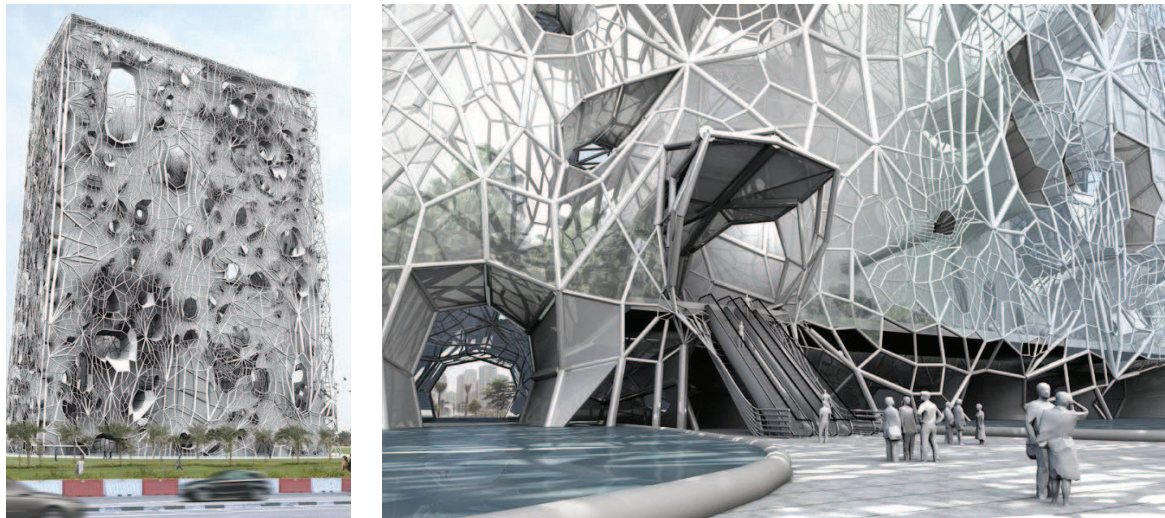


© Achim Menges ; Steffen Reicher
Source : achimmenges.net/?p=5083

Figure 10. *HygroScope: Meteorosensitive Morphology*, 2012.

patches, 192 equal elements and 7680 bolts. After assembly, the structure is initially entirely flat. Through the subsequent incremental actuation of fastening delineated bolts it then rises into a stable, self-supporting state with alternating convex and concave curvature. [...] Developing an integral technique of form generating and making based on the material capacity and local actuation of the system enabled a variable, complex morphology derived through the materiality, geometry and interaction of amazingly simple material elements » (Menges, 2006, p. 82).

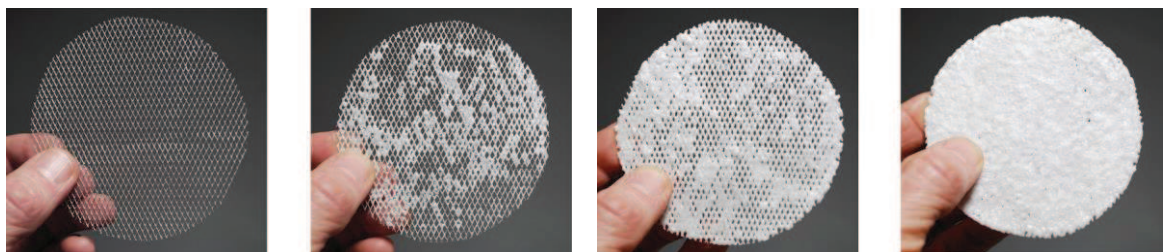
Une approche différente de l'évolution architecturale organique est exprimée par Faulders Studio (Thom Faulders) dans leur projet pour une tour de 43 étages, GEOTube (2009-2012). L'adaptation climatique est incarnée par l'évolution et la croissance constante d'une deuxième peau (un exosquelette), par la cristallisation du sel, autour d'une maille tubulaire, prévue avec un système de brumisation, dans laquelle s'écoule l'eau de mer. Le projet, pensé pour Dubai, « intègre les conditions matérielles de son environnement dans sa matérialité même » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 128). Le GEOTube se développe sur une durée de plus de 50 ans, période pendant laquelle la cristallisation du sel et la densité de l'enveloppe évoluent d'un état translucide vers un état opaque. Contrairement aux projets d'Achim Menges, celui-ci est une proposition non réalisée, mais qui revêt un grand intérêt en ce qui concerne la croissance et l'évolution formelle, fondées sur l'interaction permanente de la matière (les cristaux de sel) avec les phénomènes météorologiques¹³¹.



© Thom Faulders (Faulders Studio)

Source : faulders-studio.com/GEOTUBE-TOWER

Figure 11. Le projet GEOTube, Dubai, 2009.

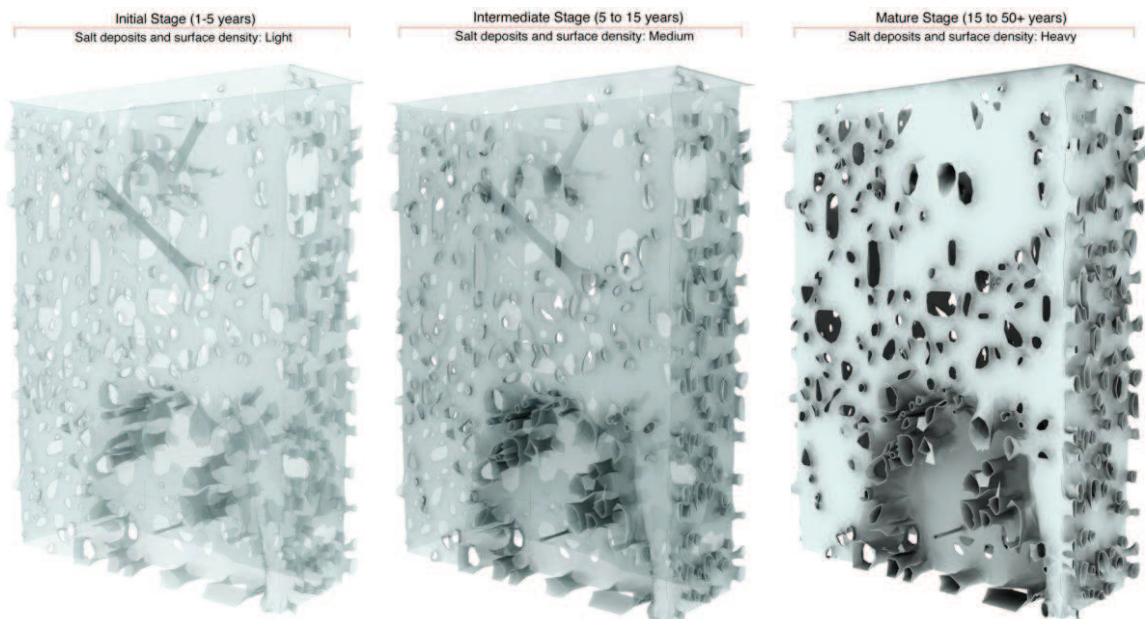


© Thom Faulders (Faulders Studio)

Source : faulders-studio.com/GEOTUBE-TOWER

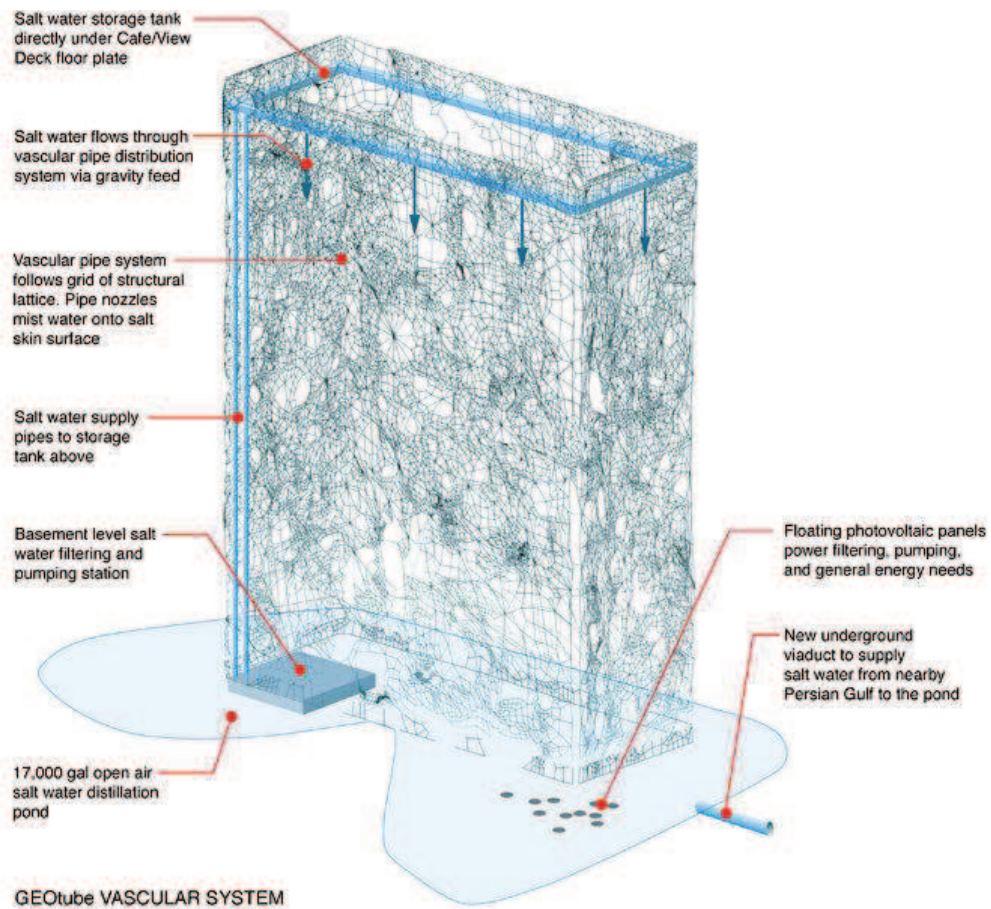
Figure 12. La formation des cristaux de sel.

¹³¹ « Façonnée et comme sédimentée par les phénomènes météorologiques, variant au cours des années, la tour s'animerait de vues et d'effets de lumière particuliers. Faulders crée ainsi les conditions de l'apparition d'une architecture véritablement naturalisée et évolutive » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 128).



© Thom Faulders (Faulders Studio)
 Source : faulders-studio.com/GEOTUBE-TOWER

Figure 14. Le système technique de la cristallisation de la deuxième peau du bâtiment GEOTube.



© Thom Faulders (Faulders Studio)
 Source : faulders-studio.com/GEOTUBE-TOWER

Figure 13. L'évolution de la deuxième peau du bâtiment GEOTube sur une période de 50 ans.

La fluidité s'exprime différemment selon les deux approches. La dynamique architecturale présente dans les projets d'Achim Menges évoque la fluidité comme analogie, comme métaphore du changement formel à travers l'écoulement temporel, en dépendance avec les conditions climatiques. En outre, le GEOTube décrit la croissance physique de l'enveloppe, étroitement liée au fluide comme matière (l'eau qui s'écoule dans l'exosquelette) et comme processus (la brumisation). Ici, la fluidité ne se résume pas aux lignes ondulantes et aux formes biomorphiques, mais à une conception entièrement biomimétique.

La résultante formelle : le développement de la matière selon l'environnement

La pratique architecturale actuelle inclut une vaste palette d'échelles, de la conception des tours à la fabrication numérique de nouveaux matériaux. Dans ce contexte, la pensée architecturale se divise en deux grandes catégories : la pensée de *macro* à *micro*, c'est-à-dire une conception architecturale globale, où la forme est élaborée *a priori*, et la pensée de *micro* à *macro* qui implique le développement d'une subdivision architecturale, ou même de la matière, selon un processus donné, sans une forme prédéterminée. Aujourd'hui, la fluidité architecturale organique s'exprime plutôt par une pensée de *micro* à *macro*, où la forme finale constitue en fait la résultante du comportement évolutif de la matière sous l'action des forces extérieures. Les recherches de Neri Oxman sur la programmation numérique de la matière, de l'EZCT sur « l'introduction du paradigme biologique "sous une forme non métaphorique et non biomimétique" » (*Ibid.*, 2013, p. 122) ou de Karola Dierichs et Achim Menges, sur les agrégats et les matériaux granulaires, associent le caractère du monde naturel à la robotique.

Le travail de Neri Oxman se concentre sur l'organisation de la matière sous des contraintes environnementales, selon une approche bottom-up¹³². Elle explore le comportement de la matière sous la forme de proto-design, où la matière est considérée comme un système composé de cellules qui sont en flux constant, qui évoluent et qui se remodelent sous la pression environnementale¹³³. Cette approche, fondée sur la description générative de la matière¹³⁴, est représentée par le projet « Raycounting » (MoMA, New York, 2008). Ce projet décrit la modélisation formelle de la matière selon l'intensité et l'orientation des rayons lumineux, par

¹³² « Parallel to, and inspired by, the contemporary discourse in synthetic biology, a bottom-up approach to design is indeed one of the keys characteristics of design inspired by performance. In this approach, a unit-based strategy is commonly devised and encrypted in order to correlate between form's material properties and its environmental milieu » (Oxman, 2011, p. 102).

¹³³ « The systems assume that each and every cell comprising the whole is in constant flux as it remodels and evolves under environmental pressures : call it proto-design » (*Ibid.*, 2011, p. 103).

¹³⁴ « To conceive of design as the 'dry path' of biology in the generation of synthetic form requires designers to find the formula to describe matter as generative » (*Ibid.*, 2011, p. 103).

l'attribution des paramètres de la lumière à des surfaces planes, en résultant des surfaces complexes à double courbure. La forme résultante est une traduction et une interprétation des données de l'environnement (l'intensité, la position, la fréquence, la polarisation et la direction des sources lumineuses), comme des particules matérielles imprimées en 3D (Oxman, 2011, p. 104).

L'optimisation de l'usage de la matière constitue une condition présente dans la recherche architecturale contemporaine. Les « études de treillis récursifs » (*Studies in Recursive Lattices*, 2013) de l'agence EZCT et l'analyse de la fabrication digitale de la densité et de l'élasticité des matériaux développée par Neri Oxman et MIT Media Lab sont des exemples de l'implémentation des lois organisationnelles biologiques dans le champ architectural. Par le « développement de structures récursives bio-inspirées », l'agence EZCT autorise dans leurs études de treillis récursifs¹³⁵ « la réduction du volume et de la densité de matière employée, via des opérations d'affinage graduel du maillage, tout en assurant la continuité de la structure » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 124). Pour Neri Oxman, l'optimisation de l'usage des matériaux de construction signifie une haute performance des structures intégrées, une réponse optimisée à des stimuli mécaniques et une amélioration de la durée de vie du produit, exprimée par la densité variable ou par l'élasticité variable de la matière (Oxman, 2012, p. 94). La densité variable est appliquée au béton, en utilisant des adjuvants de poudre d'aluminium. Elle est inspirée par le degré de spongiosité de l'os ou par la tige du palmier, qui présente une densité de gradient radial. La variabilité de l'élasticité, inspirée par le modèle du cartilage, est réalisée par l'addition de différents types de polymères (*Ibid.*, 2012, p. 94).

Karola Dierichs et Achim Menges développent la notion d'*aggregate architecture*, fondée sur le principe des matériaux granulaires, où « la spécificité du système architectural ne résulte pas d'un plan conçu et des parties constitutives précisément définies, mais uniquement des caractéristiques des éléments individuels et leur comportement cumulatif » (Dierichs, Menges, 2012, p. 77). Cette architecture peut se transformer, en impliquant une reconfiguration par des interactions délibérées avec le système, comme l'ajout ou la suppression des masses granulaires, ou par le changement d'énergie dans l'ensemble, dû à l'interaction avec son environnement¹³⁶.

¹³⁵ Ce projet est basé sur l'étude *u-Cube* (2009-2012) par lequel EZCT « renverse la logique généralement continue des structures béton pour proposer un système structurel léger, fondé sur le *voxel*, qui exploite les performances des bétons fibrés et le potentiel de la fabrication robotisée » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 122).

¹³⁶ « No aggregate state can ever be conceived of as final. Instead, what is required is an acceptance of a dynamic of perpetual alteration and regulative measures embedded in the aggregate, boundary conditions and other constraints and influences such as gravity, wind and water as catalysts of change rather than conditions to be resisted. [...] This demarcates a decisive shift from design of static arrangements towards reconfigurable and self-organising structures

Dans ce cas, l'architecture est caractérisée par une complexité structurelle fractale, conçue de *micro* à *macro*, en évoluant seulement par ses particules, par la cohérence granulaire et par les conditions de coulage et de délimitation¹³⁷. Cette complexité fractale, qui constitue une géométrie du chaos, caractérise une des expressions de la fluidité architecturale.

La composition et la décomposition formelles : l'émergence et la dégénérescence

La composition et la décomposition formelles se réfèrent à la fluidité architecturale organique, inspirée du monde biologique, qui emploie un processus de conception, à la fois métaphorique et numérique, pour le développement formel. L'architecte Michael Hansmeyer développe « une approche biomimétique de l'architecture à partir de processus de subdivision cellulaire, dont la complexité procède de la simulation computationnelle de systèmes vivants » (Oxman, 2012, p. 94), basée sur des algorithmes L-System. Par l'intégration du hasard et de l'indétermination dans le processus de conception, son projet *Sudivided Columns* (2010) évoque une réinterprétation de la colonne dorique classique, soumise à l'érosion, où « l'ornement n'est pas surajouté mais une partie intégrante de la matière » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 75). La composition numérique et la décomposition métaphorique se superposent dans un projet qui transforme l'ordre classique dans un chaos contemporain, dans une complexité fractale, caractérisée simultanément par une haute précision de réalisation et par une indétermination formelle. Une fluidité lourde, visqueuse, figée dans un processus de dégénérescence d'une colonne classique, constitue la fluidité architecturale de ce projet.



with multiples stable states, transient spatial conditions, variable connectivity and granular, differentially porous thresholds and boundaries » (Hensel, Menges, 2008, p. 82).

¹³⁷ « Rather than being designed, architecture in its specificities then evolves only through its ingredient particles, granulate consistency, pouring and bounding conditions. Aggregate architecture suggests a design paradigm of productive forms of de- and re-stabilisation » (Dierichs, Menges, 2012, p. 81).



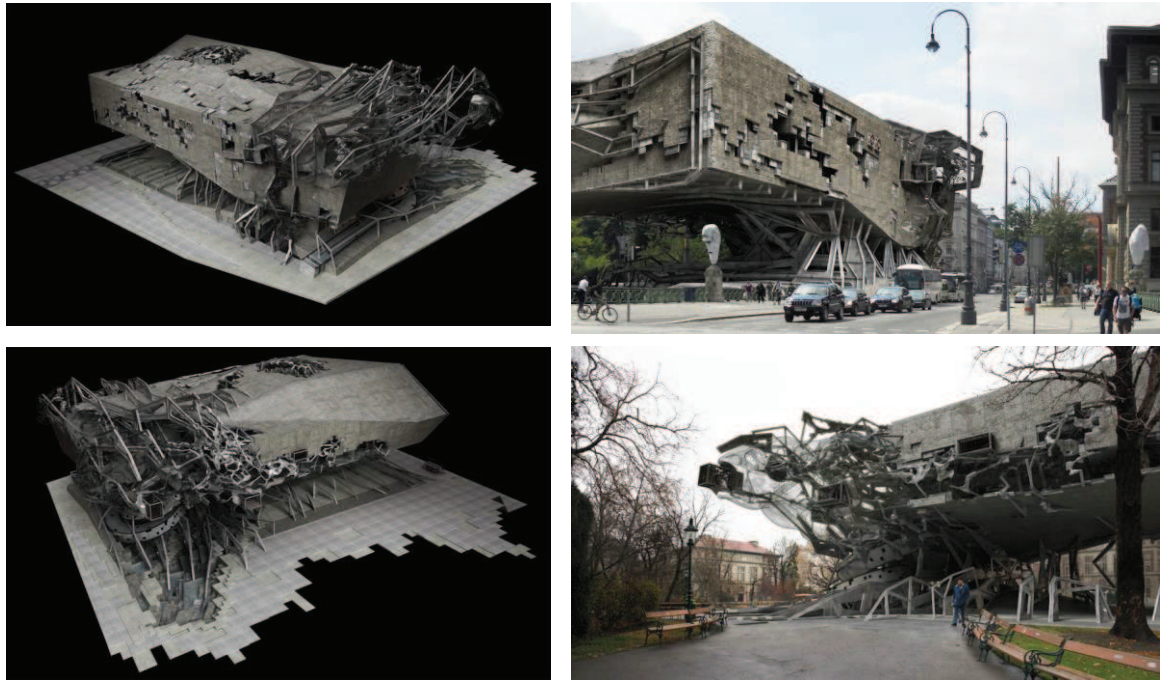
© Michael Hansmeyer (architecte) ; Kyungsub Shin (photo)
 Source : michael-hansmeyer.com/projects/columns.html?screenSize=1&color=0#14

Figure 14. Sixth Order installation - Gwangju Design Biennale, 2011.

Les six colonnes différentes sont réalisées, par un processus de subdivision, à partir d'une série d'informations qui concernent les proportions physiques d'une colonne dorique (le chapiteau, la base, les canellures). Chaque information est taggée pour qu'elle puisse se développer individuellement au long du processus génératif. L'évolution formelle est le résultat de la progression des informations selon des paramètres locaux.

La dégénérescence de la matière est présente dans la recherche d'Isaie Bloch (Eregatory) comme le résultat de l'imbrication de plusieurs disciplines, telles que l'architecture, le design, la mode et les arts plastiques. Le grotesque, la ruine, la dégradation et l'effondrement sont des thèmes qui suivent la recherche « d'une forme de subversion esthétique », qui « s'appuie sur l'investigation de systèmes cellulaires non linéaires pour aboutir à l'ordre d'une dégénérescence matérielle et charnelle » (*Ibid.*, 2013, p. 66). La dématérialisation des objets, présente dans le monde biologique, où la contamination, la dégradation et la décomposition sont des lois naturelles, constitue en fait une émergence d'une nouvelle forme. Cette idée est révélée dans ses projets

Concert Hall (2011) et *Music Pavilion* (2011). Si le premier propose un édifice unitaire *a priori*, soumis à des processus successifs de dégradation, « en générant des différenciations et des variations d'intensité dans la matière » (*Ibid.*, 2013, p. 66), le projet *Music Pavilion* semble s'intégrer dans le *Stadtpark* de Vienne en adoptant le principe de croissance des arbres. Par ce projet de kiosque musical, similaire à un objet du baroque contemporain¹³⁸, l'architecte interprète l'émergence et la croissance parasitaire comme la méthode de la composition numérique et de la dégénérescence métaphorique.



© Isaie Bloch/Eragatory

Source : eragatory.com/Concert-hall-imagery

Figure 15. La proposition pour le *Concert Hall* à Vienne, Autriche, 2011.

La fluidité baroque lourde et visqueuse est amenée par ces projets dans l'architecture contemporaine. Par rapport aux exemples de variabilité formelle, ces projets ne varient pas en temps ; l'architecte est celui qui détermine la phase finale de la dégradation. La matière se conserve donc à un état de décomposition formelle sans se développer *a posteriori*.

À travers l'histoire, la fluidité de l'architecture organique varie en intensité et diffère en expressions : par exemple, l'architecture baroque de Borromini est plus fluide, mais pas plus légère, que l'architecture des cathédrales gothiques et moins fluide que l'architecture Art Nouveau. Frank Lloyd Wright introduit la relation avec l'environnement dans la définition de l'organique, relation réinterprétée constamment depuis lors et incarnée sous différentes formes

¹³⁸ Pierre von Meiss explique la différence entre l'architecture baroque et l'architecture contemporaine : la différence est que l'espace du Baroque historique était une scénographie non structurale, alors que le "Baroque contemporain" s'appuie sur des techniques tendant à confondre structure et décor » (Meiss, 2012, p. 280).

dans les projets du XX^e et du XXI^e siècle. La fluidité des projets de Frei Otto est différemment évoquée par rapport aux projets contemporains car les expressions biomimétiques diffèrent. Aujourd'hui, l'« organisme » architectural tend vers une complexité formelle (qui implique une structure fractale), influencée par des forces environnementales et se développe selon des algorithmes génétiques de croissance. Le chaos pittoresque revient, d'une manière plus fidèle, au naturel par l'introduction du hasard et de l'indétermination sous la forme de l'auto-organisation de la matière. Puisque la matière se réorganise en permanence selon les données climatiques (surtout dans les projets qui présentent une variation formelle), l'état d'instabilité devient presque constant et l'entropie se trouve toujours dans un processus de croissance. L'architecture organique contemporaine décrit la fluidité surprise à son niveau plus élevé, qui a évolué incessamment et simultanément avec l'organique, et qui continue à se développer par des nouveaux paradigmes morphogénétiques.

4. La conception architecturale moderne

La conception moderne se réfère à l'avant-garde architecturale du début du XX^e siècle, caractérisée par une pensée complètement nouvelle de la relation intérieur-extérieur, de l'espace libre et de la limite architecturale. En considérant que le caractère avant-gardiste de l'art et de l'architecture est centré sur la contestation de l'« immobilisme de l'art académique », sur la « vision simultanée sous plusieurs angles » et sur l'introduction du mouvement dans la conception artistique (Poletti, 2006, p. 8), la fluidité est évoquée par le dynamisme et la dissolution des limites construites et de l'espace architectural. Le dynamisme suppose l'introduction du mouvement et du temps, comme des éléments fondamentaux de la conception artistique ou architecturale, tandis que la dissolution devient le résultat de cette approche dynamique. L'architecture fluide désigne une architecture décomposée et recomposée selon de nouvelles règles et de nouveaux principes qui, par la présence du rapport espace-temps, a comme résultat la désintégration des limites physiques et l'écoulement continu de l'espace.

Ce chapitre souligne la fluidité de plusieurs points de vue : du point de vue artistique car les fondements de l'avant-garde se trouvent en art, du point de vue de l'architecture moderne qui matérialise les principes avant-gardistes, du point de vue de l'architecture utopique des années 1950-1960 qui exprime le dynamisme d'une manière flexible et mobile et du point de vue de la réinterprétation déconstructiviste des principes de l'avant-garde, dans lesquels des « stratégies de la disjonction »¹, comme la décentralisation, la distorsion, la dysfonction, la dissociation, dislocation, sont additionnées. Les expressions fluides de l'architecture du XX^e siècle diffèrent selon les approches conceptuelles de chaque période, en conservant néanmoins une dimension dynamique et expansive.

¹ Selon Bernard Tschumi, les « stratégies de la disjonction » sont des procédés de composition qui « suggèrent, créent ou maintiennent des nouvelles relations spatiales et formelles » (Matei, 1994, p. 56).

4.1. La plasticité de l'avant-garde

La plasticité est définie par « l'activité de la création d'une forme (la plastikê des Grecs) à la nécessaire destruction (le plasticage) de la forme initiale, de sorte que, si l'art est plastique, il est essentiellement lié à la perturbation et la transgression » (Combet, 2009). La plasticité est liée plutôt à l'art qu'à l'architecture et la plasticité artistique de l'avant-garde constitue en réalité l'impulsion des recherches architecturales avant-gardistes, le fondement de l'architecture moderne européenne. L'avant-garde suppose une nouvelle fluidité formelle et spatiale, différente de la fluidité architecturale précédente. Cette nouvelle fluidité est fondée principalement sur l'introduction du dynamisme dans le concept architectural. Afin de comprendre la perspective dynamique de l'architecture, nous devons d'abord comprendre les principes de l'avant-garde artistique car les recherches sur les expressions dynamiques sont perceptibles plutôt en art qu'en architecture. La « dynamique artistique » est expérimentée par plusieurs mouvements et courants avant-gardistes², comme le cubisme analytique, l'orphisme, le futurisme, le suprématisme, le constructivisme ou le néoplasticisme, qui associent l'idée de mouvement et de temps à l'approche théorique artistique.

Une première vision dynamique est introduite par le cubisme analytique³ [1910-1912], développé par Braque et Picasso, qui souligne la fragmentation et la « reconstruction » des objets sous plusieurs faces, en accentuant la multiplicité des angles de vision, afin d'évoquer « une vue aussi totale que possible » (Serullaz, 1963, p. 69-70). La pluralité des perspectives sur l'objet décomposé implique une dimension temporelle, fondamentale pour le caractère dynamique de l'œuvre artistique. En considérant que le cubisme analytique est presque monochrome, une nouvelle dimension est introduite par l'orphisme, exprimée par « la décomposition de la couleur et la fragmentation de la lumière » (Poletti, 2006, p. 48). Ainsi, les

² Nous n'étudions pas tous les « ismes » qui correspondent au mouvement de l'avant-garde car nous voulons rester centrés sur les principes les plus significatifs de l'art afin de définir le dynamisme architectural. Même si le rayonnisme, le vorticisme ou le dadaïsme désignent des éléments qui impliquent d'une certaine manière le mouvement, nous considérons que les « ismes » ci-dessus mentionnés couvrent la totalité des expressions dynamiques. Quant au purisme, il respecte les lignes cubistes. Même si Le Corbusier introduit plus tard les principes puristes en architecture, ceux-ci ne développent pas une théorie du mouvement ou de la dissolution assez importante pour notre discours.

³ Le cubisme est divisé en trois phases : le **cubisme cézannien**, ou le « protocubisme » [1908-1909], le **cubisme analytique** [1910-1912] et le **cubisme synthétique** [1913-1914].

Le **cubisme cézannien** est caractérisé par la « cubification » de la nature, des objets et des personnages en « volumes strictement définis dans l'espace ». Même si les figures sont réduites « à leur principes constructifs essentiels », elles demeurent « encore rattachées au monde visible » (Serullaz, 1963, p. 67-68).

Le **cubisme analytique** s'exprime par une décomposition plus accentuée et par un contenu qui « devient hermétique », avec des plans qui « se brisent en facettes, aboutissant à une représentation non mimétique » (Poletti, 2006, p. 44).

Le **cubisme synthétique** introduit des « papiers collés » qui remplacent les « "détails réels" peints de la période précédente ». L'objectif de ce collage est d'« amener les peintres à donner non plus une analyse détaillée des éléments constitutifs de l'objet, mais une synthèse de quelques éléments choisis et particulièrement évocateurs » (Serullaz, 1963, p. 72).

compositions de Robert et Sonia Delaunay constituent des « recherches sur les couleurs et le mouvement », en créant des « effets de dynamisme chromatique » (*Ibid.*, 2006, p. 48). Dans les œuvres futuristes, la représentation du mouvement apparaît « sous toutes ses formes, par l'effet de simultanéité [...] et par tous les procédés de composition dynamique qui traduisent la vitesse et le rythme » (Biancheri, 1993, p. 45). Donc, l'image déjà fragmentée par les cubistes devient plus mouvementée et plus dynamique. Le suprématisme de Kasimir Malevitch évoque le mouvement par des formes superposées et synthétisées en compositions abstraites, tandis que le constructivisme de Vladimir Tatline, Naum Gabo, Antoine Pevsner ou El Lissitzky associe l'expérimentation technique des nouveaux matériaux à la cinétique. La décomposition et la recomposition des surfaces, déjà prévues par les cubistes⁴, sont pour la première fois implémentées en architecture par la théorie esthétique du néoplasticisme⁵, élaborée par Mondrian et Theo van Doesburg.

Le terme de « plastique » est employé en 1914 par le représentant du futurisme, Umberto Boccioni, dans son *Dynamisme plastique (peinture et sculpture futuriste)* et, en 1924, par le fondateur du mouvement De Stijl, Theo van Doesburg, dans son manifeste *Vers une architecture plastique*, afin d'exprimer un nouveau rapport entre dynamisme, art et architecture. Selon la conception avant-gardiste, la peinture, la sculpture et l'architecture ne sont pas des disciplines séparées, mais leur chevauchement définit la plasticité artistique et architecturale. En considérant la plasticité artistique comme l'impulsion fluide de la conception architecturale moderne, nous concentrons notre recherche sur le futurisme et sur les principes néoplasticistes, appliqués par le groupe De Stijl.

4.1.a) Le dynamisme plastique futuriste

Le mouvement futuriste, réunit autour de l'écrivain Filippo-Tommaso Marinetti qui, en 1909, publie les principes futuristes dans la revue *Le Figaro*, annonce la « beauté de la vitesse⁶ »

⁴ Néanmoins, le néoplasticisme ne doit pas être entendu comme l'évolution logique du cubisme car les cubistes « n'abandonnaient jamais complètement le lien de la forme créatrice à la figuration, à l'objet imité » afin d'atteindre l'abstraction parfaite (Warncke, 1991, p. 35).

⁵ La « "syntaxe" du langage néo-plasticiste » est proposée par « la géométrie syncopée des tableaux de Van der Leek, la rigueur ascétique de Mondrian, les sculptures mathématiques de Vantongerloo, les premières architectures fondées sur la décomposition et la recomposition des surfaces ou des éléments singuliers » (Tafari, Dal Co, 1991, p. 108).

⁶ Le peintre Gino Severini considère la vitesse comme l'élément qui « donne une nouvelle conception de l'espace et du temps, et, par conséquent, de la vie elle-même » (Lista, 2015, p. 618). Ainsi, il explique le concept de leurs œuvres, caractérisées par la « stylisation du mouvement qui est l'une des manifestations des plus immédiates de la vie » (*Ibid.*, 2015, p. 618).

comme élément définitoire du monde moderne⁷. Si en littérature le vers libre, caractérisé par les mots en liberté, ou le motlibrisme⁸, devient « le premier modèle esthétique du futurisme », en art, « le mouvement incessant de la matière » exprime le fondement de l'existence humaine. Umberto Boccioni développe la question du dynamisme dans l'art futuriste, considérant le mouvement comme « l'éphémère de la forme qui s'abîme aussitôt dans l'informe, la fluidité continue des transitions d'énergie » (Lista, 2015, p. 38). Selon Giovanni Lista, l'art élaboré par Boccioni dans la première phase de sa recherche, dénommée « dynamisme pictural », est basé sur « le rendu des flux énergétiques, sur la fluidité des lignes continues et sur l'effacement d'une forme donnée en faveur d'un échange osmotique incessant entre les corps et les objets : le réel n'est qu'interférence et mobilité des vibrations de l'énergie créatrice de la vie » (*Ibid.*, 2015, p. 39). Ce mouvement se matérialise par des interpénétrations des volumes et des formes par leur émoussement et par leur dématérialisation grâce aux faisceaux de lumière qui soulignent le déplacement de l'objet dans l'espace. Dans la deuxième phase de recherche, dénommée « dynamisme plastique »⁹, Boccioni différencie le « mouvement relatif » (*kinesis* en grecque), qui désigne le « déplacement d'un corps dans l'espace », du « mouvement absolu » (*dynamis* en grecque), qui désigne le « travail de l'énergie à l'intérieur d'un corps immobile »¹⁰ (*Ibid.*, 2015, p. 39). Les deux dimensions dynamiques¹¹ évoquent l'essence de la fluidité artistique avant-gardiste car elles indiquent non seulement la trajectoire de l'objet, mais aussi le « vortex énergétique » créé autour de l'objet, ou bien la « dynamique énergétique » présente à l'intérieur de l'objet par le biais des forces, des pulsions qui le traversent et qui l'« innervent ». Selon le peintre futuriste Gino Severini, le dynamisme plastique, « vitalité absolue de la matière », réunit la peinture et la sculpture dans une « seule création plastique »¹². Ces créations plastiques « doivent vivre librement en plein air et s'intégrer à des systèmes architecturaux, avec

⁷ Le monde moderne, selon la vision futuriste, est saisi « dans sa configuration ontologique de macro-vertige énergétique qui se développe, fluide et ininterrompu, dans les dynamiques du temps et de l'espace : la matière est l'énergie *in fieri*, c'est le moyen contingent à travers lequel le courant vital s'exprime comme unique principe universel » (Lista, 2015, p. 37).

⁸ Les axiomes formes du motlibrisme sont « la fluidité, le mouvement continu, l'absence de découpage et d'articulation charpenté » (*Ibid.*, 2015, p. 35).

⁹ Selon Umberto Boccioni, le dynamisme plastique « prolonge l'Impressionnisme français en le déterminant par une continuité dynamique de la forme qui représente la solidification et donc le style de la fluidité impressionniste » (*Ibid.*, 2015, p. 688).

¹⁰ Dans son manifeste, *Dynamisme plastique (peinture et sculpture futuriste)*, Umberto Boccioni décrit le mouvement absolu comme une force, une « potentialité plastique que l'objet porte en soi » et qui est étroitement liée à « sa propre substance organique, selon les caractères généraux : porosité, imperméabilité, rigidité, élasticité, etc. et selon ses caractères particuliers : couleur, température, consistance, forme (plane, concave, convexe, angulaire, cubique, conique, spirale, elliptique, sphérique, etc.) » (Boccioni, 1975, p. 69).

¹¹ Les deux dimensions dynamiques se traduisent par « l'action simultanée du mouvement caractéristique particulier à l'objet (mouvement absolu) et des transformations que l'objet subit dans ses déplacements en relation avec le milieu mobile ou immobile (mouvement relatif) ». Cette description du dynamisme indique qu'« il n'est donc pas vrai que la seule décomposition des formes d'un objet soit dynamisme » (*Ibid.*, 1975, p. 72).

¹² Les créations plastiques s'expriment par des « formes-couleur au maximum du relief, de la profondeur, de l'intensité et de l'irradiation lumineuse » (Lista, 2015, p. 618).

lesquels elles partageront la coopération active du monde extérieur dont elles représentent l'essentiel spécifique » (*Ibid.*, 2015, p. 618). Cela signifie que les principes futuristes ne sont pas pensés seulement dans les domaines artistiques, mais ils sont également explorés dans le domaine architectural.

Dans son manifeste *L'architecture futuriste* [1914], l'architecte Antonio Sant'Elia présente la nouvelle architecture, opposée à l'architecture néo-classique par le remplacement « du monumental, du lourd, du statique » avec le « goût de la légèreté, de l'éphémère et du rapide ». La nouvelle ville futuriste devient « un immense chantier tumultueux, agile, mobile, dynamique de toutes parts », tandis que la maison futuriste est une « machine gigantesque ». Le dynamisme se réalise par des lignes obliques et elliptiques qui sont dynamiques par « leur propre nature » et qui « ont une puissance émotive mille fois supérieure à celle des perpendiculaires et des horizontales ». Par son manifeste architectural, Sant'Elia refuse les formes cubiques et pyramidales statiques, graves, opprimantes et les matériaux massifs, volumineux, durables, vieux, propres à l'architecture classique, solennelle, hiératique, scénographique, décorative, monumentale, élégante, aimable, en adoptant « la légèreté et la sveltesse superbe de la poutrelle et la fragilité du béton armé » (*Ibid.*, 2015, p. 779- 788), attributs d'une architecture qui se renouvelle en permanence selon les exigences de la science et de la technique.

Si nous apprécions seulement les projets des villes futuristes dessinés par Sant'Elia, sans analyser son discours architectural, nous ne les considérerions pas comme des exemples de l'architecture fluide car leur monumentalité est évidente. Il existe un grand écart entre les principes théoriques, qui peuvent être facilement implémentés en art, et leur application architecturale. En dépit de la difficulté d'associer le mouvement et la vitesse aux œuvres architecturales, la fluidité est évoquée par leur intention et par leur discours théorique qui introduisent le dynamisme plastique¹³ comme le nouveau caractère architectural. Théoriquement, selon Boccioni, la forme « synthétise toutes les manifestations de leur relativité entre mouvement absolu et mouvement relatif, entre mouvement de rotation et mouvement de révolution » (*Ibid.*, 2015, p. 582) et constitue l'incarnation architecturale du dynamisme plastique, de l'écoulement continu du mouvement ou de la présence de l'énergie cinétique.

¹³ Umberto Boccioni explique la différence entre l'approche futuriste et l'approche cubiste : « Au lieu donc des concepts plastiques fixes et pour cela statiques qu'utilisaient les anciens et qu'utilisent les cubistes, nous adoptons une formule souple, laquelle, pouvant saisir à la fois la sensation et le concept, la forme que l'on perçoit et la forme pensée, imitera mieux le mouvement continu de la vie » (*Ibid.*, 2015, p. 582).

4.1.b) L'architecture plastique de Theo van Doesburg

Theo van Doesburg est le peintre-architecte qui a adopté la conception artistique du néo-plasticisme de Piet Mondrian et l'a diffusé dans la revue *De Stijl*, autour de laquelle il a fondé le groupe néerlandais De Stijl (le style). Le « caractère architectonique »¹⁴ de la nouvelle peinture néo-plasticiste détermine la plasticité architecturale approchée par le groupe néerlandais.

Le cadre théorique

Apparemment, le néo-plasticisme pictural, basé sur des compositions des couleurs primaires encadrées par des lignes horizontales et verticales, ne souligne pas la fluidité architecturale. Néanmoins, Theo van Doesburg supprime l'antagonisme entre l'espace plastique et l'espace architectonique¹⁵ en s'orientant vers « une "destruction" de l'espace architectonique statique par dissémination dynamique de la couleur sur les composants architecturaux ("une contestation des données constructives de l'architecture par la couleur") » (Azar, 2005, p. 38). Les frontières entre les arts plastiques et l'architecture sont aussi supprimées par l'introduction de la dimension dynamique, indiquée par le rapport espace-temps¹⁶. Le seizième point du manifeste *Vers une architecture plastique*, publié par De Stijl en 1924, présente l'architecture comme la synthèse du néo-plasticisme, ce qui implique la « capacité à penser en quatre dimensions », c'est-à-dire que les « architectes du plasticisme, et les peintres parmi eux, doivent travailler à l'intérieur de ce nouveau domaine de l'espace-temps ». L'architecture plastique décrit la nouvelle architecture, « élémentaire » et « informe », « ouverte » et « anticubique », qui n'a « rien de passif » et qui entraîne des « aspects plastiques quadridimensionnels de

¹⁴ Selon Theo van Doesburg, « c'est sans doute à cause du caractère "architectonique" de leurs tableaux que les peintres les plus radicaux ont enfin réussi à convaincre le public du sérieux de leurs efforts et non seulement à "influencer" l'architecture qui se développait, mais encore à dicter la direction vers la construction collective » (Azar, 2005, p. 36).

¹⁵ A partir de l'année 1917, l'année de la fondation de la revue De Stijl, Bart van der Leek théorise l'articulation entre la peinture et l'architecture selon cinq distinctions fondamentales :

« 1. La peinture moderne est la destruction du plasticisme naturel et s'oppose au caractère plastique, naturel constructif de l'architecture ;

2. La peinture moderne est ouverte et s'oppose au caractère conjonctif, fermé de l'architecture ;

3. La peinture moderne est colorée et spatiale et s'oppose à l'absence de couleur des plans architecturaux ;

4. La peinture moderne est l'expression plastique par la planéité spatiale, extension qui s'oppose aux limites que l'architecture impose à l'espace par ses plans ;

5. La peinture moderne est un équilibre plastique qui s'oppose à l'équilibre constructif de l'architecture (pile et poutre) ; » (*Ibid.*, 2005, p. 37).

¹⁶ Dans le *Manifeste V* : - □ + =R₄, signé par Van Eesteren, Theo van Doesburg et Gerrit Rietveld en 1923, le quatrième et le septième points se réfèrent à la place de la couleur dans l'architecture moderne. Ainsi, « la mise en évidence de ces deux éléments [l'espace et le temps] par la couleur donne une nouvelle dimension » tandis que « la séparation de la peinture (le tableau) et de l'architecture ne se justifie absolument pas du point de vue de l'évolution » (Conrads, 1991, p. 81).

l'espace-temps »¹⁷. Le discours du Theo van Doesburg évoque la fluidité architecturale par la relation dynamique espace-temps, où le temps constitue la quatrième dimension, et par la dissolution des limites entre l'espace intérieur et l'espace extérieur. L'introduction de la quatrième dimension dans la conception doesbourgeoise, soulignant la présence du temps par le mouvement¹⁸, a une « prédisposition futuriste » car le dynamisme d'Umberto Boccioni se réfère d'une certaine manière à la quatrième dimension, définie comme « la forme unique donnant la continuité dans l'espace » (Azar, 2008, p. 56).

Le processus architectural est fondé sur la décomposition et la recombinaison des plans. Le premier pas vers la liberté et la fluidité architecturale est concentré sur la destruction de la boîte et sur sa décomposition en plusieurs pièces¹⁹, en supprimant la troisième dimension. Les éléments, maintenant indépendants, « peuvent déborder hors du périmètre de l'ancienne boîte, se prolonger, s'élever ou s'abaisser, dépasser les limites qui séparaient jusqu'à ici l'intérieur et l'extérieur » (Zevi, 1981, p. 24). Leur recombinaison vise non seulement la réintroduction de la troisième dimension, mais aussi de la quatrième dimension par la volumétrie dynamique,

¹⁷ Selon le manifeste *Vers une architecture plastique* :

« La nouvelle architecture est *élémentaire*. Elle se développe à partir des éléments de la construction au sens large. Ces éléments – la fonction, la masse, la surface, l'espace, la lumière, la couleur, le matériau, etc. – sont *plastiques*.

La nouvelle architecture est *informe*. Elle est pourtant précisément définie, en ce sens qu'elle ne se soumet à aucun type esthétique donné [...]. Contrairement à tous les styles antérieurs, la nouvelle méthode architecturale ne se reconnaît aucun type déterminé, aucun *type fondamental*.

La nouvelle architecture est *ouverte*. L'ensemble se compose d'un espace subdivisé suivant les diverses exigences fonctionnelles. Cette subdivision est marquée à l'intérieur par des *surfaces de séparation* et à l'extérieur, par des *surfaces de protection*. Les premières, qui séparent les uns des autres les différents espaces fonctionnels, peuvent être *mobiles*, ce qui signifie qu'on peut les remplacer (ce sont les anciennes cloisons) par des surfaces intermédiaires ou des panneaux mobiles. Cette solution est également valable pour les portes. Le plan disparaîtra totalement au cours de la phase suivante de développement de l'architecture. La composition spatiale en deux dimensions, qui *caractérise* le plan, sera remplacée par un *calcul de construction exact* – un calcul qui limitera la charge à des points de soutien très simples mais très résistants. Plus besoin pour cela des mathématiques euclidiennes, le calcul non euclidien à quatre dimensions rendra tout très facile.

La nouvelle architecture est *anticubique*. Elle ne cherche pas à enfermer toutes les *cellules fonctionnelles de l'espace* dans un cube, mais *les projette* vers l'extérieur dans un mouvement centrifuge (ainsi que les éléments en surplomb, les balcons, etc.). Hauteur, largeur et profondeur plus temps y gagnent une expression plastique entièrement nouvelle dans des espaces ouverts. L'architecture acquiert ainsi un caractère plus ou moins flottant (dans les limites de ce qui est possible du point de vue constructif – mais cette question regarde l'ingénieur!), qui agit pour ainsi dire à l'encontre de la pesanteur naturelle.

La nouvelle architecture n'a rien de *passif*. Elle a dépassé le stade de l'*ouverture* (dans un mur). L'*ouverture* marquée par la fenêtre agit activement face à la *fermeture* que représente la surface des murs. Une ouverture ou un vide ne se trouvent jamais au premier plan. Tout est strictement déterminé par le jeu des contrastes. Qu'on compare les différentes contre-constructions, dans lesquelles les éléments constitutifs de l'architecture (surface, ligne et masse) se trouvent naturellement placés dans une relation tridimensionnelle.

La nouvelle architecture ne tient pas seulement compte de l'espace mais également du temps. L'unité de l'espace-temps doit procurer à l'extérieur de la construction un aspect nouveau et entièrement plastique (aspects plastiques quadridimensionnels de l'espace-temps) » (*Ibid.*, 1991, p. 95-97).

¹⁸ Dans une lettre du 22 juin 1918 à son ami Anthony Kok, Theo van Doesburg exprime son intérêt, en ce qui concerne la quatrième dimension, pour les ouvrages du mathématicien et théosophe M.H.J. Schoenmaekers : « Ce que je préfère, c'est sa conception et sa représentation de la notion de temps et d'espace. Il y exprime certaines idées exactement semblables à celles que j'ai eues et, de plus, à propos de la quatrième dimension : le mouvement » (Azar, 2008, p. 56).

¹⁹ Lors de la décomposition, il existe plusieurs pièces mais toujours six plans : le plafond, quatre murs et le plancher (Zevi, 1981, p. 24).

ouverte, continue et fluide : « [...] les plans ne s'assembleront plus en volumes finis contenant des espaces finis, mais, au contraire, ils créeront des espaces fluides qui s'articulent et s'emboîtent de façon continue » (*Ibid.*, 1981, p. 24). Depuis le futurisme, le temps, envisagé seulement comme une « dilatation de l'instant » est associé à l'architecture, où l'espace devient « ouverture ». Afin d'exprimer l'idée d'espace ouvert, les architectes analysent plusieurs principes : l'« expansion de l'intérieur vers l'extérieur », l'« équivalence des diverses surfaces (façades, murs) qui se croisent mais qui, virtuellement, se prolongent jusque dans l'infini » et l'« apparition d'une nouvelle modalité de l'architecture – l'architecture-sculpture – par la réalisation d'une structure qui paraît suspendue dans l'espace » (Philippot-Reniers, 1985, p. 207). Dans ce chapitre nous insistons sur les deux premiers principes car l'architecture-sculpture sera analysée dans le chapitre qui traite de la continuité formelle et spatiale. L'approche du temps et du mouvement en architecture (qui implique les trois principes) révèle en fait l'approche de la fluidité architecturale.

La représentation architecturale

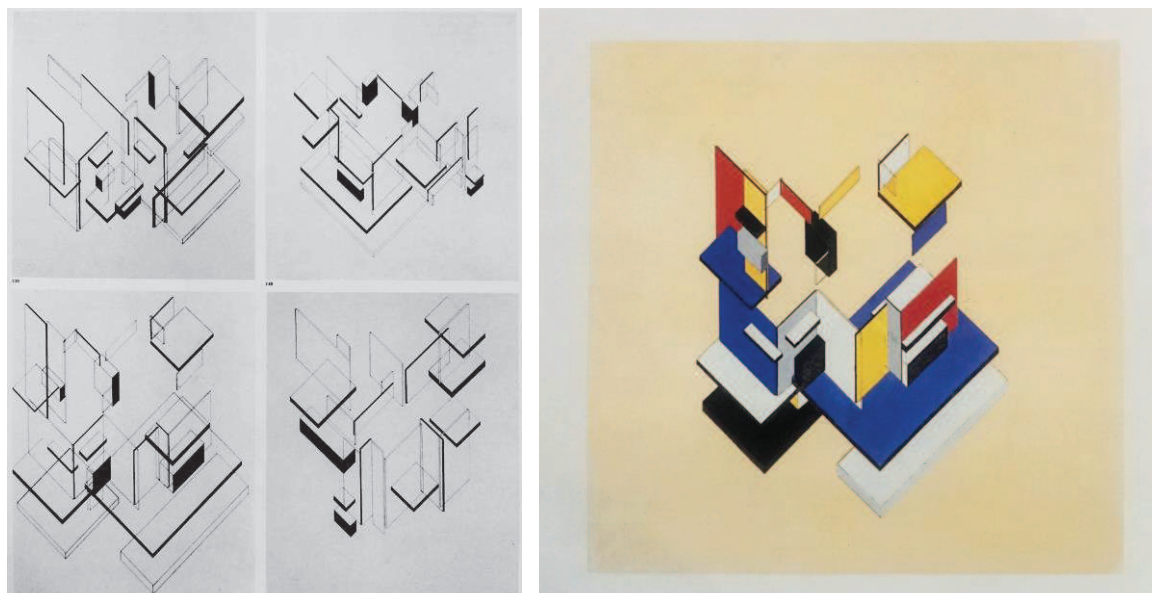
La série de *Contre-constructions*, présentée à Paris en 1923 à la galerie de l'« Effort Moderne » réunit, par des dessins et des maquettes, l'ensemble des principes doesbourgeois. L'insertion des attributs plastiques avant-gardistes comme la continuité, la liberté, le rapport espace-temps, le mouvement ou la quatrième dimension²⁰, constitue le vrai défi pour les architectes. Cornelis van Eesteren et Theo van Doesburg conçoivent des axonométries dans lesquelles le concept scientifique d'« Espace-temps », traduit par la quatrième dimension et son « articulation avec l'élément plastique de la couleur » constitue les prémisses de leur compréhension (Azar, 2005, p. 63). La fluidité des *Contre-constructions* se remarque à la fois par la flottaison des parois orthogonales « centrifugés autour d'un tourbillon »²¹ dans un espace anti-gravitationnel et par la libération spatiale, conséquence du « "dynamitage" de la fermeture (les murs, etc.) », qui a supprimé la dualité entre intérieur et extérieur et qui a dissout la limite.

Le projet pour la maison particulière [1923], un des exemples des *Contre-constructions* réalisé en maquette, propose une décomposition du volume principal en plusieurs éléments « sur un plan continu de 360° », où la dissolution de la limite construite est indiquée non seulement par la géométrie explosée, mais également par la disposition éparpillée des couleurs sur la façade.

²⁰ « [...] cet espace à quatre dimensions, ou hyperspace, n'étant qu'une hypothèse mathématique (et non un espace réel) – dont le traitement est de surcroît quasi-exclusivement algébrique – il ne possédait en lui-même d'autre valeur que métaphorique pour van Doesburg » (Azar, 2005, p. 149).

²¹ « [...] a proliferation of "floating" orthogonal elements centrifugally arranged about a vortex, elements which were ill-disposed to any kind of frontal resolution » (Frampton, 1982, p. 122).

Le volume dispersé vers l'extérieur interprète le rapport espace-temps par une multitude de perspectives différentes, qui « détermine la forme totale », sans que certaines vues extérieures deviennent privilégiées (Warncke, 1991, p. 164).



© Theo van Doesburg

Source : Van Straaten, 1992, p. 119-120

Figure 1. Contre-constructions : « analyse de l'architecture », 1923 (à gauche) et « construction des couleurs », 1923 (à droite).

Afin de mettre en évidence la matérialisation des principes du groupe De Stijl, nous considérons la maison Rietveld-Schröder [1924] à Utrecht comme l'exemple le plus pertinent. L'espace néo-plasticiste²² qui, « dévorant le mur, dissolvant toute intériorité, détruit l'idée même d'*abri* »²³, évoque l'idée de l'interpénétration spatiale de Pierre von Meiss²⁴. La première réalisation de plan au sol flexible, « tel qu'il avait été revendiqué et exemplairement projeté par Theo van Doesburg et Cornelis van Eesteren dans leur programme architectural » (*Ibid.*, 1991, p. 135) évoque la fluidité spatiale de cette maison. Outre les Contre-constructions, la dématérialisation volumétrique est annoncée par la géométrie de la chaise rouge et bleue de Gerrit Rietveld

²² La « dissolution des limites et la pénétration par l'espace », effectuées par « la simultanéité des perceptions dans une expérience physique de la relativité spatio-temporelle » caractérisent l'espace néo-plasticiste des *Contre-constructions* (Azar, 2005, p. 15).

²³ La liberté spatiale des *Contre-constructions* est expliquée par Theo van Doesburg et Cornelis van Eesteren en 1924, dans le manifeste qui accompagne leur exposition à Paris (*Ibid.*, 2005, p. 24).

²⁴ L'interpénétration est le fondement de la continuité spatiale, qui évoque « un principe dynamique avec des plans qui guident et qui font deviner la suite tout en ménageant des surprises par l'ambiguïté entre le caché et le visible, le présent et le futur » (Meiss, 2012, p. 139). Selon Pierre von Meiss l'interpénétration est opposée à la juxtaposition spatiale, qui « insiste sur l'autonomie », sur un rapport facilement lisible entre les différents espaces, évoqué par « des portes ou des fenêtres, passages étroits et contrôlés dans un mur » et par des angles intacts. Nous ne devons pas confondre la juxtaposition spatiale avec la juxtaposition des plans qui, selon Christian Norberg Schulz, a été développé surtout par le groupe De Stijl : la « Maison Schröder de Rietveld à Utrecht en est l'accomplissement » (Norberg-Schulz, 1977, p. 368).

[1917], fondée sur la juxtaposition des plans colorés, suggérant une composition néo-plasticiste²⁵.

Corrélée avec les Contre-constructions de Theo van Doesburg et Cornelis van Eesteren, la maison Rietveld-Schröder « n'est pas perçue comme un volume monolithique, comme une masse cubique, mais plutôt comme un groupe de plans et lignes qui semblent flotter dans l'espace »²⁶. Afin d'introduire le rapport espace-temps dans le concept architectural, la perspective frontale est supprimée et, à sa place, une perspective multi-focale²⁷ dynamique est introduite.



© Andrew Sides (photo)

Source : flickr.com/photos/waterboyzoo/13604515453 ; flickr.com/photos/waterboyzoo/13604875884

Figure 2. La maison Rietveld-Schröder, Utrecht, 1924.

Theo van Doesburg est beaucoup influencé par les échanges avec El Lissitzky, et surtout par son projet *Prouenraum*, créé pour l'Exposition d'Art de Berlin en 1923, où l'intention était de détruire l'orthogonalité et d'introduire la diagonale. L'impact de cette intention sur l'idéologie de Van Doesburg trouve un premier écho dans le projet pour la « Chambre de Fleurs » pour Villa de Noailles, à Hyères [1924-1925]. Désormais, la diagonale représente « le dynamisme réifié de l'esprit qui serait le manifeste par son contraste avec l'orthogonal, tel qu'il apparaît dans la

²⁵ « The red/blue chair, designed in 1917 but painted somewhat later is, in its final form, the first attempt at a dematerialized, neoplastic architecture. Through their apparent translucence, the lightly stained wooden surfaces of the orthogonal spars serve to suggest the literal suspension of the primary colored planes that lie cradled within its matrix: that is to say, the seat, the back and the ends of the spars which are rendered throughout in glossy enamel. It is pertinent to note that this use of primary color was probably in advance of the appearance of saturated primaries in the painting of Mondrian and van Doesburg » (Frampton, 1982, p. 102-103).

²⁶ « Rietveld's biographer Theodore Brown has pointed out that the most conspicuous aspect of the Schröder house's design is the visual independence of its parts. This independence is achieved in various ways: through the use of overlapping components, the use of color to accentuate the identity of different elements, and the physical separation of planes. The overall effect is one of openness and weightlessness; one perceives the Schröder house not as a monolithic, cubic mass, but as a group of freely related planes and lines that appear to hover in space » (Friedman, 1982, p. 137).

²⁷ La conception spatiale de De Stijl se caractérise par « l'interpénétration totale de l'espace intérieur et de l'espace extérieur, par la fluidité de l'espace en expansion, et par l'incorporation du mouvement du spectateur dans l'espace, c'est-à-dire de l'élément-temps comme multi-focalité dynamique et simultanéité par transparence » (Azar, 2005, p. 26).

nature et l'art »²⁸. La reconsidération du dynamisme par le biais de la diagonale provoque la rupture entre Piet Mondrian et Theo van Doesburg. Cette dernière période ne nous intéresse pas car l'approche architecturale est centrée sur des compositions plutôt chromatiques que volumétriques ou spatiales. Du point de vue de la fluidité, les années 1923-1924 constituent l'apogée du discours artistique et architectural du groupe néerlandais, qui a eu un impact considérable sur d'autres architectes, comme Mies van der Rohe.

4.2. Les expressions fluides chez Mies van der Rohe, Le Corbusier et F. L. Wright

Tous les concepts nouveaux introduits par le mouvement De Stijl et Theo van Doesburg, comme la dissolution des limites, la fusion entre l'espace intérieur et l'espace extérieur, la « multifocalité dynamique » comme métaphore du mouvement et de la quatrième dimension, expriment la « destruction de la boîte ». Cette idée de « détruire » les limites physiques pour que l'espace soit libre et décontracté, en s'« échappant » vers l'extérieur, suggère l'expression fondamentale de la fluidité architecturale du mouvement moderne. Mies van der Rohe et Le Corbusier sont les architectes influencés par le discours du Van Doesburg, tandis que Frank Lloyd Wright est l'architecte qui a inspiré au début le groupe De Stijl par sa « destruction de la boîte » en éléments séparés qui flottent dans l'espace²⁹. L'objectif de ce chapitre n'est pas d'analyser l'œuvre entière de ces trois architectes, mais il se concentre sur quelques projets qui reflètent la fluidité selon les principes architecturaux avant-gardistes. La maison de campagne en briques [1923] et le Pavillon Allemand de l'Exposition de Barcelone [1929] de Mies van der Rohe, la Villa Savoye à Poissy [1928-1931] de Le Corbusier ou la Maison sur la cascade (Fallingwater) [1936-1939] de Frank Lloyd Wright constituent des exemples de l'architecture fluide qui adoptent les principes de l'avant-garde néerlandaise, en visant la « destruction de la boîte ».

Selon Adriana Matei, les conceptions spatiales du mouvement De Stijl, de Mies van der Rohe et de Le Corbusier évoquent trois types d'extensions architecturales dans l'espace. L'espace architectural de Theo van Doesburg se trouve dans une « extension omnidirectionnelle » : cet espace est défini comme une partie du vide infini, déterminée par des éléments³⁰ qui flottent³¹.

²⁸ « [...] the reified dynamism of the spirit that would be made manifest through its contrast with the orthogonal as it appears in both nature and art » (Frampton, 1982, p. 111).

²⁹ Selon Sigfried Giedion « l'exposition du groupe De Stijl (peinture, architecture et sculpture) organisée en octobre 1923 par Theo van Doesburg, C. Van Eesteren et G. Rietveld chez Léonce Rosenberg à Paris exerça, surtout par ses projets et par ses modèles architectoniques, une profonde influence sur des personnalités aussi marquantes que Le Corbusier et Mies van der Rohe. C'est là que fut accompli le pas décisif menant au-delà des conceptions de Frank Lloyd Wright » (Giedion, 1990, p. 340).

³⁰ Ces éléments sont des murs qui ont une ou deux de leurs extrémités en jonction et les autres sont libres (Matei, 1994, p. 41).

Ils se dispersent, d'une manière centrifuge, d'un noyau central vers toutes les directions. Par rapport à Theo van Doesburg, l'extension spatiale de Mies van der Rohe, visible dans le Pavillon de Barcelone, est « unidirectionnelle » : c'est-à-dire que par la prolongation exagérée des certains murs³², l'espace devient partiellement limité, dans un écoulement contrôlé, qui s'exerce notamment dans le plan horizontal. L'extension spatiale de Le Corbusier, matérialisée par la Villa Savoye, est présente non seulement dans le plan horizontal, mais aussi dans le plan vertical : l'escalier et le plan incliné offrent un parcours en mouvement ascensionnel (Matei, 1994, p. 41). Pierre von Meiss interprète l'architecture du XX^e siècle comme la deuxième « libération spatiale »³³ due aux « moyens techniques de l'acier et du béton armé », qui détermine une vision de l'espace asymétrique et dynamique. Ainsi, Frank Lloyd Wright détruit la boîte par « la dissolution de l'angle pour ancrer ses bâtiments dans le paysage proche et lointain », tandis que Theo van Doesburg et Mies van der Rohe décomposent la boîte dans ses plans élémentaires et la recomposent après, en disposant les plans d'une manière indépendante, afin de définir « une portion d'espace comme une sorte d'événement particulier dans l'espace infini » (Meiss, 2012, p. 141). Même si le concept de la « destruction de la boîte » est présent dans l'approche d'autres architectes, comme Walter Gropius, qui a ouvert l'espace par la libération des angles³⁴, nous considérons que tous les exemples ci-dessus mentionnés évoquent la fluidité architecturale non seulement par la destruction des limites, mais aussi par la présence du mouvement, comme expression du rapport espace-temps³⁵.

4.2.a) L'espace fluide de Mies van der Rohe

La maison de campagne en briques et le Pavillon de Barcelone sont les deux œuvres architecturales qui matérialisent les principes du mouvement De Stijl. Notre choix est justifié par Bruno Zevi, qui interprète le parcours professionnel du Mies van der Rohe comme « le passage

³¹ L'espace architectural n'est pas défini seulement par des éléments indépendants qui flottent, mais aussi bien par leurs relations : les « plans colorés suspendus dans un espace idéal a-gravitationnel, le flottement et l'indépendance des plans n'interdit pas une certaine qualification de leurs relations (tension, contraste, interpénétrations) » (Azar, 2005, p. 61).

³² Selon Paolo Amaldi, la composition de Mies et du mouvement De Stijl est révélée par « des segments de murs non joints qui ouvrent l'espace » (Amaldi, 2006, p. 47).

³³ La première « libération spatiale » est désignée par la période baroque, car « on se libère des règles et conventions, de l'état statique de l'espace » par des alternances complexes entre « convexités et concavités, continuités et ruptures qui ponctuent l'espace au-delà de ses propres limites » (Meiss, 2012, p. 141).

³⁴ L'architecture des usines Fagus [1911] « révèlent les changements rapides intervenus dans l'attitude de la jeune génération ». La libération spatiale est indiquée par des matériaux comme le verre et l'acier, qui « ne sont plus enfermés par des murs cyclopéens ; ils se rejoignent, sans pesanteur, aux angles », ce qui implique que la structure porteuse se trouve à l'intérieur du bâtiment (Giedion, 1990, p. 339).

³⁵ Adolf Hildebrand, le premier théoricien de l'esthétique architecturale allemande, dans son texte *Das Problem der Form in der bildenden Kunst* [1893] « pensait l'espace en termes de vide occupé par des objets, mais en même temps sa lecture part du principe que la vision en architecture ne se réalise pleinement que dans le mouvement [...] » (Amaldi, 2006, p. 31).

d'une période transgressive néoplastique des années 1930 à un retour à l'ordre et à la composition "bloquée" et "symétrique" des années 1950 »³⁶. Les deux projets choisis s'intègrent dans la période néo-plasticiste de Mies van der Rohe, où « les plans "dansent" dans l'espace » (Amaldi, 2006, p. 65) et leur analyse révèle les points communs avec l'architecture proposée par De Stijl.

La maison de campagne en briques est un projet qui n'a jamais été réalisé, mais qui, à travers le XX^e siècle, a suscité des réactions et des interprétations multiples. Le peintre et le cinéaste Hans Richter, l'historien d'art Paul Westheim³⁷, l'architecte Walter Curt Behrendt³⁸, les historiens, théoriciens et critiques d'architecture Henry-Russell Hitchcock³⁹, Vincent Scully Jr.⁴⁰ ou Siegfried Giedion⁴¹ ont associé ce projet aux principes néo-plasticistes. Nous considérons que la planimétrie de la maison incarne plutôt les principes des *Contre-compositions* de De Stijl qu'une analogie des compositions plastiques de Mondrian et Theo van Doesburg. L'historien d'art Alfred H. Barr Jr. est le premier qui analyse la correspondance entre la composition *Rythme d'une danse russe* [1918] de Van Doesburg et la maison de campagne de Mies Van der Rohe. Son étude ne concerne pas « la qualité des formes, c'est-à-dire le fait que les lignes de Van Doesburg

³⁶ « De ces deux périodes de l'œuvre de Mies, la critique s'est intéressée à souligner avant tout les différences formelles et expressives. Sur sa production européenne, les concepts qui reviennent souvent ont trait à la notion de continuité visuelle, de fluidité spatiale, de parfaite syntaxe du plan libre. Autour de sa période américaine, on a parlé de coïncidence entre vérité constructive et volonté expressive, de monumentalisme tectonique, de simplicité volumétrique, de plus grande rigidité spatiale » (Amaldi, 2011, p. 435).

³⁷ « Hans Richter et Paul Westheim, respectivement en 1925 et en 1927, inaugurent l'interprétation des qualités spatiales de la Maison de campagne en briques comme fluidité vitale qui refuse la "juxtaposition de pièces avec un toit au-dessus" » (Gargiani, 2008, p. 34).

³⁸ Dans son *Modern Building : It's Nature, Problems and Forms* [1938], Walter Curt Berendt associe la dimension esthétique de la maison au cubisme et aux tableaux de Mondrian : « [...] sa dimension esthétique, qui, par la dissolution audacieuse de la masse bâtie et le groupement sculptural des différents blocs, eux-mêmes réduits à des formes géométriques élémentaires, démontrait clairement la doctrine du cubisme ; elle réside également, et même surtout, dans l'attitude spirituelle du projet, qui exprimait une nouvelle conception de la structure. Il suffit pour s'en convaincre d'examiner le plan. Certes, celui-ci est entièrement basé sur une approche formelle, et si proche des idées du cubisme, que le projet, considéré d'un point de vue purement graphique, semble être la reproduction d'un tableau de Mondrian » (Amaldi, 2006, p. 71).

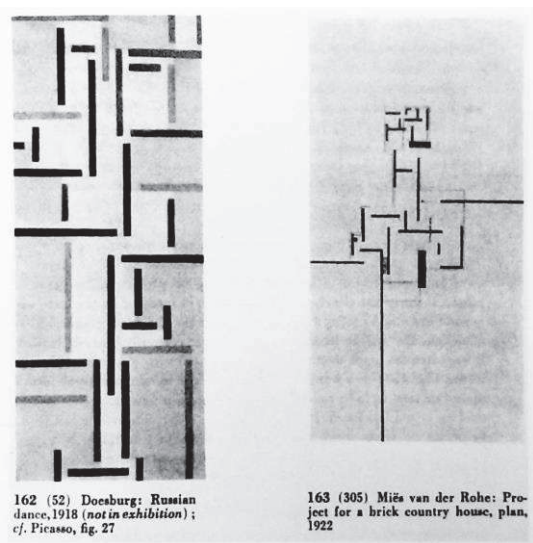
³⁹ Henry-Russell Hitchcock, dans *Architecture, nineteenth and twentieth centuries* [1958] : « Son plan semblait figurer l'extension en hauteur d'une configuration géométrique aussi complexe et rigide que celle rencontrée dans les peintures de Mondrian et de Van Doesburg à cette période » (*Ibid.*, 2006, p. 74).

⁴⁰ Dans *Modern architecture* [1961], Vincent Scully Jr. associe la maison de champagne en briques non seulement aux principes néoplastiques, mais aussi au « style wrightien » : « [...] des compositions planes qui se déploient le long d'axes étirés et disposés perpendiculairement les uns aux autres, mais qui en même temps sont brisés et interrompus jusqu'à instituer un rythme selon une technique qui semble rappeler les peintures de Van Doesburg. L'élévation se présente davantage comme un emboîtement de volumes d'aspect néoplastique et classico-romantique et qui réussissent par leur volumétrie à stabiliser l'organique continuité horizontale des espaces » (*Ibid.*, 2006, p. 79).

⁴¹ « Les projets de Mies Van der Rohe pour une maison de campagne en brique et une autre en béton ont une importance inestimable pour l'évolution de l'architecture actuelle. Si un esprit aussi analytique que Theo Van Doesburg prouva aux architectes, par ses dessins transparents, que même la conception de la maison en tant que cube fermé sur lui-même était définitivement dépassée, Mies Van der Rohe donna, par ses deux projets, une illustration artistique condensée de ces théories. [...] De façon plus nette encore que les projets De Stijl, avec leur absence de poids et leur équilibre subtil des éléments de la maison, Mies van der Rohe dégage dans ses habitations de campagne de 1923 les structures essentielles de la maison » (Giedion, 1990, p. 340).

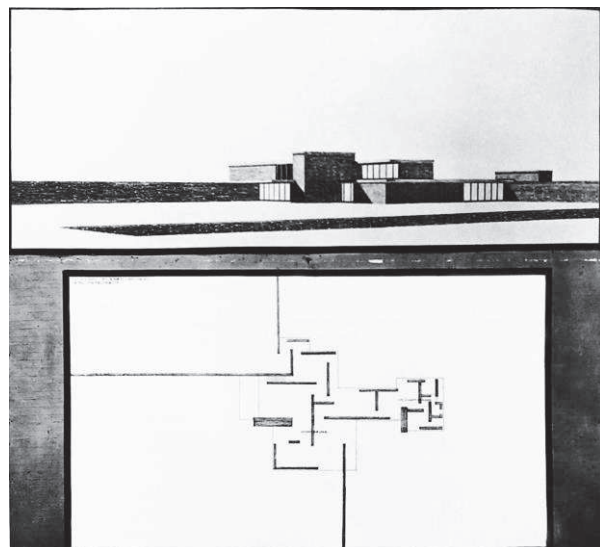
et celles du plan de Mies soient disposées de façon visiblement semblable », mais plutôt le « processus créatif qui conduit, dans les deux cas, à des résultats dont l'apparence est analogue » (Gargiani, 2008, p. 31). En considérant que le processus de création de De Stijl est fondé sur des « dessins didactiques »⁴², en 2008, Roberto Gargiani atteste la véracité de la comparaison de Barr par une analyse du processus créatif de la maison en briques, en indiquant la similitude entre l'approche conceptuelle de Mies van der Rohe et celle de Theo van Doesburg (Gargiani, 2008). (Zimmerman, 2006, p. 26)

Donc, nous pouvons considérer que les expressions fluides annoncées par les principes du mouvement De Stijl sont implémentées également dans ce projet.



Source : Gargiani, 2008, p. 32

Figure 3. La comparaison de A. H. Barr Jr. (en 1936) entre la composition *Rythme d'une danse russe* de Van Doesburg et la maison de campagne de Mies Van der Rohe.



Source : Zimmerman, 2006, p. 26

Figure 4. L'élévation et le plan de la maison de campagne en briques.

Apparemment, il existe un contraste frappant entre la planimétrie et l'élévation : le plan évoque une légèreté spatiale par la juxtaposition des éléments architecturaux (des murs et des parois) et par l'interpénétration des plans, en indiquant un espace ouvert similaire aux compositions néo-plasticistes, tandis que le volume exprime plutôt la massivité du matériau. Néanmoins, la fluidité architecturale n'existe pas seulement dans le volume ou dans le dessin du plan : elle est évoquée par l'ensemble architectural, par la forme, par l'espace intérieur, par l'atmosphère, etc. En réalité, la liberté planimétrique est le « dialogue » entre la composition formelle et les matériaux. D'une manière surprenante, la maison de campagne en briques développe un espace ouvert par la composition et la disposition des murs massifs, qui ne sont

⁴² Les « dessins didactiques » sont des dessins successifs qui montrent la transformation, par plusieurs étapes, d'une figure conventionnelle en une image abstraite et difficilement reconnaissable.

pas joints en contiguïté comme dans le système constructif traditionnel, mais ils sont plutôt prolongés pour éviter les angles (Gargiani, 2008, p. 35). Puisque le plan de la maison se déploie au-delà des murs extérieurs, Siegfried Giedion associe l'architecture de la maison en briques aux principes de Van Doesburg⁴³. En 1924, Mies van der Rohe explique le concept de la maison de campagne comme l'abandon des espaces clos, en cherchant des effets spatiaux par le biais des murs, qui ont un caractère d'articulation de la maison et non de délimitation⁴⁴. L'idée d'organisme et d'articulation entre les pièces différentes de la maison était déjà définie par F.L. Wright dans son « architecture organique ».

Même s'il existe une influence de l'architecture de Wright sur les concepts de Mies, la disposition des éléments porteurs diffère : « Wright procède à la dissolution du mur jusqu'à le réduire à des groupes de piliers, comme dans la Martin House. En revanche, Mies ne renie pas la spécificité du mur, sa nature de surface continue ayant la fonction de délimiter l'espace. Par conséquent, l'espace de la Maison de campagne en briques est complètement différent de celui des maisons les plus emblématiques de Wright » (*Ibid.*, 2008, p. 43). Cette comparaison exprime en fait la fluidité des espaces qui « s'étendent virtuellement depuis le cœur de la maison jusqu'à l'horizon » (Meiss, 2012, p. 139) par des murs continus qui dirigent leur écoulement. Ainsi, dans le projet pour une maison de campagne en brique, « les longs murs directionnels de Wright sont séparés et juxtaposés pour définir un espace fluide qui ne trouve de repos en aucun point » (Norberg-Schulz, 1977, p. 364). C'est dans le pavillon de Barcelone où la fluidité spatiale de la maison de campagne se redéfinit, d'une manière plus wrightienne, par la dissolution des murs jusqu'à leur disparition. Cette dissolution de la masse, et non seulement de l'espace, est en accord avec les principes de l'architecture organique de Wright, énoncés dans la conférence *La jeune architecture* [1931], dans laquelle « la ligne droite dure se transforme en pointillés dès que la rigidité n'est plus nécessaire » (Conrads, 1991, p. 153).

Outre la dissolution des limites construites, le pavillon de Barcelone incarne aussi un concept néo-plasticiste « monochromatique ». Puisque Mies van der Rohe refuse les couleurs du Néoplasticisme, il introduit dans ses projets orthogonaux une transparence variée, en plusieurs couches, par l'alternance des murs opaques et des parois en verre, limités au sol et au plafond (Frampton, 1982, p. 109). La transparence souligne toujours le dialogue entre différents espaces.

⁴³ « Comme dans un moulin à vent, ils se prolongent dans l'espace extérieur. Ils prennent en même temps une très grande importance structurelle : effet de transparence de rangées de fenêtres, plaques de recouvrement horizontales qui paraissent dénuées d'appui, tout cela forme des éléments techniques éprouvés que Mies Van der Rohe utilise avec une extrême maîtrise et de manière éminemment artistique » (Giedion, 1990, p. 340).

⁴⁴ « In the ground plan of this house, I have abandoned the usual concept of enclosed rooms and striven for a series of spatial effects [...] *The wall loses its enclosing character and serves only to articulate the house organism* » (Azar, 2005, p. 30).

Dans cet exemple, le verre constitue le moyen d'articuler les éléments opaques, en permettant l'extension de l'espace intérieur vers l'extérieur. Outre cette matrice opaque-translucide, Mies van der Rohe évoque le néo-plasticisme par l'illusion de l'espace illimité. Celle-ci s'exprime par l'extension vers l'infini⁴⁵ et par les « plans qui brisent l'immobilité des espaces intérieurs », qui toutefois impriment « une direction aux espaces extérieurs » (Zevi, 1981, p. 26). Ce dynamisme, déjà approché par le mouvement De Stijl et implémenté dans le projet de la maison de campagne, constitue une première expression fluide dans l'architecture de Mies van der Rohe.



© Irina Voda (photo)

Figure 5. Le pavillon allemand de Barcelone, Mies van der Rohe, 1929 : le dynamisme par l'extension des plans verticaux vers l'extérieur.

La fluidité architecturale du pavillon allemand peut être associée à ce que l'architecte Nicolas M. Rubio Tuduri appelle, en 1929, une « architecture métaphysique »⁴⁶. Cette architecture métaphysique est évoquée par « l'impression d'inutilité qui se dégage de ces salles ouvertes et vides, de ces beaux murs en marbre, nus et déserts, de ces patios inhabitables » (Amaldi, 2006,

⁴⁵ « Aside from its play with transparency, the Miesian reworking of Neoplasticism introduced an illusory dimension [...] the limitless space involved was present as much in terms of mirror images as in any palpable extension of the physical domain » (Frampton, 1982, p. 109).

⁴⁶ Dans son article « Le Pavillon de l'Allemagne à l'Exposition de Barcelone par Mies van der Rohe », *Cahiers d'Art*, n°10, 1929, Nicolas M. Rubio Tuduri analyse le pavillon de Barcelone par rapport à une dimension symbolique, métaphysique : « L'interprétation ordinaire des mots "architecture métaphysique" semblerait être : architecture de l'intelligence ou de l'abstraction intellectuelle. Tout le monde comprendrait lors que l'on veut parler des proportions, des nombres générateurs, de la limpidité et de la quasi cruauté du raisonnement architectural, etc. Mais, dans le Pavillon allemand de Barcelone, l'architecture, en quittant le physique, tend plutôt à l'évocation et au symbole. Cela est inévitable dans la construction représentative » (Amaldi, 2006, p. 73-74).

p. 73). L'espace vide⁴⁷, qui est une « pure dialectique du négatif » (Tafuri, Dal Co, 1991, p. 131) devient, selon Vincent Scully Jr., « libre, fluide et asymétrique » grâce au système constructif, dans lequel les colonnes et la structure porteuse sont « totalement indépendantes des plans muraux, isolés et désarticulés » (Amaldi, 2006, p. 80). L'espace, dirigé par des murs prolongés à l'extérieur du bâtiment, se trouve dans un écoulement continu⁴⁸. Nous considérons l'espace non comme un vide passif, statique, mais plutôt comme un milieu actif, traversé par des ondes, par des énergies et par des directions d'écoulement. Contrairement aux éléments statiques, palpables et solides, comme les murs porteurs, les parois en verre, le sol ou le plafond, l'espace est vivant, fluide, en se développant en permanence⁴⁹. Selon Mies van der Rohe, « l'art de construire c'est la volonté d'une époque traduite en espace. Vivant. Changeant. Neuf ». Bruno Zevi interprète la conception architecturale de Mies comme une création d'espaces fluides qui subordonnent les surfaces plastiques⁵⁰ (Padovan, 1981, p. 365). Le dynamisme plastique de Boccioni est ainsi métaphorisé au niveau de l'espace dans un mouvement absolu.

Selon Bruno Zevi, le pavillon de Barcelone « reprend le langage de la maison en brique mais se libérant du noyau propulsif ». Les éléments ne sont plus disposés d'une manière centrifuge autour d'un centre, mais « les plans de De Stijl peuvent maintenant danser dans l'espace que rythment les scintillants supports en croix » (Amaldi, 2006, p. 38).

4.2.b) La fluidité de la villa Savoye de Le Corbusier

Les expressions fluides présentes dans le discours néo-plasticiste⁵¹ et dans les deux projets de L. Mies van der Rohe sont aussi évoquées par la villa Savoye de Le Corbusier. Le dialogue intérieur-extérieur et la continuité spatiale sont les éléments principaux qui indiquent la fluidité architecturale du bâtiment. Nous analysons seulement la villa Savoye car elle constitue le projet qui reflète le mieux la métaphore du temps et du mouvement. La fluidité architecturale est mise en évidence par le parcours que le visiteur doit suivre afin de découvrir l'intégralité du volume. Inversement aux axonométries de Theo van Doesburg, où le noyau central était fixe et les plans étaient disposés autour de lui selon une force centrifuge, la villa Savoye indique une force qui

⁴⁷ Selon Bruno Zevi, dans la conception architecturale du pavillon de Barcelone, « le vide architectural est maître, l'espace s'insinue entre les parois, relie entre eux les différentes pièces pour s'étendre ensuite vers l'extérieur » (*Ibid.*, 2006, p. 38).

⁴⁸ Dans le contexte de l'architecture moderne de l'après-guerre, l'espace est pensé comme une « quantité volumique sans limite, plus ou moins fluide », résultat d'« un acte de soustraction de matière » (Amaldi, 2011, p. 353).

⁴⁹ En 1923, L. Mies van der Rohe définit l'art de construire comme « la volonté d'une époque traduite en espace. Vivant. Changeant. Neuf » (Vago, 1971, p. 77).

⁵⁰ L'approche spatiale de Mies est opposée à l'approche plastique de Theo van Doesburg, qui essaye d'« animer les vides ».

⁵¹ « The Villa is the ultimate and perfect expression of the principle which he had stated in his criticism of De Stijl in 1924: "a pure whole, covering abundance with a mask of simplicity..." » (Padovan, 1981, p. 366).

pénètre la maison par son rez-de-chaussée, qui traverse verticalement son centre et qui « se libère » au niveau du toit par le solarium, où les « murs courbes représentent une synthèse d'intimité et d'interaction informelle avec le paysage environnant » (Norberg-Schulz, 1977, p. 374). Ainsi, le « noyau propulsif » de De Stijl, qui n'existe plus dans le pavillon allemand de Barcelone, est complètement transformé dans le concept de la villa Savoye : le noyau central devient, par le biais de l'escalier et de la rampe, l'image du mouvement ascensionnel, de l'attracteur des éléments architecturaux.

En ce qui concerne la fluidité, même si elle est évoquée par la dimension espace-temps⁵², la distribution spatiale la différencie de la fluidité des Contre-constructions ou du pavillon de Barcelone. Ainsi, l'espace néo-plasticiste de De Stijl, propulsé vers toutes les directions autour du noyau central, sans être concentré vers des directions spécifiques, indique une « sublimation » architecturale, où les éléments plastiques se dissolvent dans l'espace, en transformant le solide en vide. La fluidité est presque totale. Dans le pavillon allemand, l'espace dirigé vers l'extérieur par des murs qui flottent désigne une fluidité limitée, dépendante de certaines directions. La villa Savoye révèle un espace dirigé selon un parcours précis, donc la fluidité, par rapport aux exemples précédents, est encore plus limitée. Il n'existe plus une dissolution des limites, mais plutôt une perforation du cadre construit, qui permet l'interaction entre l'espace extérieur et l'espace intérieur. En revanche, l'introduction de la dimension verticale, par la rampe et par l'escalier⁵³, offre une « nouvelle liberté symbolique »⁵⁴.

La fluidité architecturale n'est pas influencée par les formes courbes du solarium, mais plutôt par l'ouverture dans le mur vers laquelle la rampe est orientée. Cette ouverture définit la fin du parcours et la libération de l'espace intérieurisé dans la boîte rectangulaire qui respecte les « cinq points de l'architecture nouvelle ». La rampe elle-même est une expression du dynamisme : le mouvement interprété par la diagonale, caractérise la dernière période de De Stijl où l'architecture de Theo van Doesburg est influencée par El Lissitzky. De Stijl a introduit la diagonale comme élément dynamique par des représentations bidimensionnelles, mais Le Corbusier la transforme en essence fluide du mouvement dans la villa Savoye.

⁵² Selon Siegfried Giedion, la villa Savoye « répond à la conception espace-temps : le corps du bâtiment est creusé de toutes parts, en haut et en bas, à l'intérieur et à l'extérieur. Chaque coupe transversale fait apparaître l'interpénétration indissoluble des espaces intérieur-extérieur » (Giedion, 1990, p. 305-306).

⁵³ La verticalité est soulignée par l'escalier en spirale, symbole de la « ligne de l'humanité libérée » pour Tatline.

⁵⁴ « Jusqu'à ici l'espace ouvert avait été concrétisé par une transparence généralisée ou comme un mouvement libre sur un plan horizontal. A la Villa Savoye, au contraire, on a l'impression de prendre possession d'un espace tridimensionnel, c'est-à-dire d'une nouvelle liberté symbolique » (Norberg-Schulz, 1977, p. 374).

4.2.c) La fluidité de la maison sur la cascade (Fallingwater) de F. L. Wright

Contrairement à Le Corbusier, qui utilise la diagonale comme un élément central de ses compositions, en accentuant le dynamisme, Wright insiste sur la continuité horizontale. Même l'escalier apparent de la Maison sur la cascade souligne les plans horizontaux, en étant dépourvu de l'aspect diagonal⁵⁵. L'architecture de Wright suggère pour la première fois la « décomposition de la boîte » en plans verticaux et horizontaux, en désignant l'« ouverture sans domination » (l'expression de l'"architecture de la démocratie"⁵⁶) par laquelle une nouvelle interaction entre intérieur et extérieur est créée. Outre l'inspiration néo-plasticiste, la composition des surfaces planes, propre à l'architecture américaine, et son plan en forme de « moulin à vent »⁵⁷, que l'on peut considérer comme une figure architecturale⁵⁸, ont aussi influencé l'architecture du mouvement De Stijl et de Mies van der Rohe. A partir de l'année 1910, son plan « moulin à vent » se transforme dans un plan libre et flexible qui donne « du mouvement, de la vie, de la liberté au corps sclérosé de l'architecture » (Giedion, 1990, p. 241). Même si l'idée d'interpénétration spatiale entre intérieur et extérieur est toujours recherchée par la « décomposition de la boîte », celle-ci exprime également le dialogue entre habitat et nature. Ce dialogue constitue le fondement de l'architecture organique de Wright⁵⁹.

Nous avons choisi la Maison sur la cascade comme l'œuvre représentative de Wright en ce qui concerne l'architecture fluide car elle interprète la transition de la série de maisons de la prairie aux maisons usoniennes, en soulignant les principes de mouvement De Stijl. Dans sa conférence intitulée « La jeune architecture » [1931], Wright explique les attributs fluides de l'architecture moderne, organique : « [...] le sens de la surface et de la masse disparaît dans la lumière, ou dans des fabrications qui la combinent avec la force. [...] Les bâtiments organiques ont la force et la légèreté de la toile d'araignée » (Conrads, 1991, p. 153). La maison sur la cascade est la première

⁵⁵ « Even in the unusually exposed stair at Fallingwater Wright suppresses all diagonals: there are no strings or railings, but only the horizontal planes of the treads and the vertical line of the rods from which the stair is hung. Similarly, in the interior Wright hides the stairs between walls (as he does in virtually all his houses), while Le Corbusier glories in the expressed diagonals of the ramp and the continuous diagonal of the spiral rail » (Venturi, 1992, p. 52).

⁵⁶ Selon Christian Norberg-Schulz, l'"architecture de la démocratie" est « la raison pour laquelle l'architecture moderne ne fut pas acceptée par les mouvements totalitaires du 20^e siècle » (Norberg-Schulz, 1977, p. 356).

⁵⁷ « Ce qui impressionna d'abord les architectes européens, ce fut le plan en forme de « moulin à vent », dénommé ainsi parce que les pièces rayonnent du centre vers l'extérieur, comme les ailes d'un moulin à vent. Le plan résulte, en réalité, de l'interpénétration cruciforme de deux corps de bâtiments » (Giedion, 1990, p. 239).

⁵⁸ Puisque Wright utilise le plan « moulin à vent » comme une « géométrie générative » (Lucan, 2009, p. 341) pour les maisons de la prairie, nous pouvons le considérer, à côté du « Raumplan » d'Adolf Loos, du « plan libre » de Le Corbusier ou du « plan en éventail » d'Alvar Aalto parmi les figures architecturales définies par Dominique Putz (Putz, 2013).

⁵⁹ « Wright employa souvent les mêmes éléments que les membres du groupe hollandais De Stijl, Mondrian et Doesburg, ou que les constructivistes russes, comme Malevitch : ainsi le carré était une forme absolue, une protestation contre le trompe-l'œil académique. Les Hollandais combinaient des formes géométriques pour exprimer les rapports purs et francs entre les surfaces et les couleurs. Les expériences européennes étaient donc régies, dans une certaine mesure, par une autre volonté et par une autre conception de l'espace » (Giedion, 1990, p. 245).

construction réalisée après cette conférence. Elle n'exprime plus la dissolution de la masse par l'explosion des limites vers l'extérieur, dans une conception spatiale omnidirectionnelle. L'expression fluide de l'espace est similaire à l'espace fluide de Mies van der Rohe, dans le pavillon allemand, mais la méthode par laquelle cet effet est atteint diffère : si Mies prolonge les murs, des éléments opaques verticaux qui flottent dans un « vide actif », Wright prolonge les éléments horizontaux, des porte-à-faux « comme des plans miraculeusement suspendus dans l'espace » (Frampton, 2006, p. 189). L'interpénétration des plans, l'espace ouvert incarné par « un médium fluide qui peut être dirigé, dilaté ou contracté » (Norberg-Schulz, 1977, p. 351), l'extension des dalles vers l'extérieur définit le caractère fluide de l'espace architectural. Selon Vincent Scully Jr., « ce caractère fluide et expansif de la spatialité de Wright est évident également dans ses œuvres de maçonnerie, plus massives, qui présentent un caractère plus solennel, plus pesant et dense, mais dont les masses murales, en contraste avec l'aspect plastique, [...] viennent au contraire se fragmenter en un jeu d'encastrement de plans séparés et indépendants » (Amaldi, 2006, p. 78). Dans l'architecture de la Maison sur la cascade, comme dans le pavillon de Barcelone, les éléments opaques dirigent l'écoulement de l'espace.

Chez Wright, la fluidité est aussi présente dans la spatialité du musée Guggenheim [1943], qu'il qualifie de « vague ininterrompue », dans lequel il combine les principes spatiaux fluides de la Maison sur la cascade et « l'espace introverti, éclairé zénithalement » (Frampton, 2006, p. 190). Néanmoins, ce projet n'exprime pas les principes avant-gardistes néerlandais par rapport à la dissolution des limites. Le dynamisme est évoqué, comme chez Le Corbusier, par le mouvement ascensionnel, selon un parcours précis. Dans ce cas, la fluidité n'est plus diffuse, mais elle est focalisée sur la trajectoire en spirale.

4.3. La dimension fluide de l'architecture expérimentale

Le dynamisme, le mouvement, la mobilité, l'adaptation, la flexibilité, le développement technologique constituent des concepts employés par l'architecture « expérimentale »⁶⁰, où les visionnaires imaginent des projets utopiques⁶¹, en essayant de dépasser le champ architectural et l'échelle du bâtiment. La Galerie permanente d'architecture de FRAC Centre à Orléans organise l'ensemble de l'architecture expérimentale selon quatre thématiques : les

⁶⁰ La Galerie permanente du Frac Centre présente des œuvres architecturales de la deuxième moitié du XX^e siècle comme une « architecture expérimentale » qui incarne des projets de l'utopie architecturale et urbaine des années 1960 à la déconstruction des années 1980 (Architectures expérimentales : dossier pédagogique, 2013). En général, cette architecture est représentée par des dessins, des maquettes ou des prototypes.

⁶¹ Les projets utopiques se réfèrent ici au sens étymologique du terme « utopie » (qui signifie « sans lieu »). Les projets des années 1950-1960 sont des installations qui peuvent s'adapter aux différentes conditions climatiques, sociales ou géographiques. Donc ils ne sont plus rattachés à un site prédéfini et permanent.

« nomades », où la ville et la vie en général sont repensées selon l'évolution des télécommunications, les « blocs », où la forme est repensée du point de vue artistique et mathématique ; les « grilles », où la grille est soit construite (comme structure et morphologie) et relie différentes parties de la structure, du bâtiment ou de la ville, soit déconstruite (par le mouvement déconstructiviste) et conduit à « des morphologies spatiales plus complexes, ainsi qu'à une redéfinition des fondements de l'architecture » (Architectures expérimentales : dossier pédagogique, 2013, p. 33) ; les « homes », où l'analyse se concentre sur la question de la maison en particulier. La question de l'architecture fluide, notamment la fluidité de la conception moderne, évoquée par la dimension dynamique et la dissolution des limites, impose une réorganisation de l'architecture expérimentale. Donc, nous adoptons la classification du point de vue historique, en distinguant deux catégories : l'architecture visionnaire des années 1950-1960 (qui vise plutôt les « nomades ») et l'architecture déconstructiviste des années 1980, plutôt que les quatre thématiques abordées par la collection du Frac Centre.

Cette décision réside dans le fait que notre analyse est fondée non sur le projet fini, mais sur le processus qui conduit à ce résultat, au cours duquel la fluidité est toujours envisagée. Par exemple, la thématique des « blocs » incarne aussi bien l'architecture-sculpture d'André Bloc, Vittorio Giorgini et Ugo la Pietra que l'architecture de Claude Parent, interprétée comme la destruction du bloc. La fluidité, comme critère essentiel d'analyse, est évoquée par différents éléments. L'architecture-sculpture est plutôt le résultat d'un processus de liquéfaction du solide, où la masse fondue devient fluide et la forme devient continue. Cette continuité est aussi influencée par les théories mathématiques, notamment dans le domaine de la topologie, qui interrogent les notions de limite ou de déformation continue. En revanche, l'architecture de Claude Parent remet en question, d'une manière futuriste, le dynamisme absolu du corps humain par rapport à la diagonale, en fracturant le volume et repensant l'espace. Nous considérons que, en dépit de leurs nombreuses collaborations, cette comparaison souligne la différence entre les deux approches architecturales (l'architecture-sculpture et la « fonction oblique »), en évoquant la fluidité et la continuité par deux moyens différents : d'un côté, une approche formelle, sculpturale et de l'autre côté, une approche dynamique.

Par ailleurs, outre le discours philosophique de Jacques Derrida, une partie de l'architecture déconstructiviste est influencée par le discours avant-gardiste. Même si aujourd'hui l'architecture de Zaha Hadid incarne l'expression de la continuité formelle, similaire à l'architecture-sculpture, ses premières œuvres sont inspirées par le discours suprématiste de Malevitch. Si Peter Eisenman trouve ses fondements chez Derrida, Bernard Tchumi et Rem

Koolhaas s'inspirent de l'architecture constructiviste. Pour cette raison nous considérons la fluidité architecturale déconstructiviste comme un écho de la pensée avant-gardiste qui libère l'espace par l'emploi des processus dynamiques (explosion, disjonction, dislocation, etc.) et par la décomposition et la recombinaison planimétrique ou volumétrique.

4.3.a) La fluidité dans l'architecture visionnaire

L'architecture visionnaire des années 1950-1960 est un champ élastique, qui regroupe plusieurs disciplines (arts plastiques, cinéma, architecture, urbanisme) et plusieurs directions de recherche. Pour trouver les expressions architecturales fluides dans cet amalgame de concepts, il s'impose tout d'abord de différencier l'interprétation du dynamisme dans le discours artistique et architectural du début du XX^e siècle et des années 1950-1960. La fluidité n'est pas déterminée par toutes les dimensions du dynamisme. Les visionnaires « nomades » associent le dynamisme à la mobilité, à l'éphémère, à l'adaptation et donc à la flexibilité. Mais est-ce que ce dynamisme exprime la fluidité ? Est-ce que la mobilité et le mouvement relatif, qui ne sont plus employés comme des métaphores afin de « détruire la boîte » et de libérer l'espace intérieur, mais comme des attributs concrets de l'architecture, constituent des expressions fluides ? La nouvelle architecture mobile peut s'activer⁶² ou même voler⁶³ : elle est plus dynamique que jamais. Néanmoins, cette dynamique n'assure pas la fluidité.

Le dynamisme comme moyen de l'architecture fluide

L'« architecture mobile » est le titre du manifeste publié par Yona Friedman en 1958 où « la mobilité n'est pas celle du bâtiment, mais celle de l'utilisateur auquel une liberté nouvelle est conférée » (Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, p. 212). La flexibilité de la ville constitue le moyen par lequel les habitants peuvent décider et transformer l'architecture. La « Ville spatiale », le projet représentatif de l'architecture mobile, est une structure tridimensionnelle à plusieurs étages, composée des « vides habitables, modulaires et rectangulaires » surélevés sur des pilotis. Le « remplissage » de la maille implique le hasard comme processus de composition et la flexibilité détermine la transformation

⁶² Les projets d'Archigram, de Coop Himmelb(l)au ou de Haus-Rucker-Co se concentrent sur la dimension « atmosphérique » de l'architecture. Ces projets décrivent une catégorie de l'architecture expérimentale qui sera analysée dans le chapitre « L'architecture de l'ambiance » grâce à leur caractère sensoriel et sensible.

⁶³ La *Maison de vacances volante* [1963-1964] de Guy Rottier est une « caravane-hélicoptère », dont la coque en plastique est conçue pour deux adultes et deux enfants. Selon Guy Rottier, cet objet est un manifeste qui exprime « le luxe de s'échapper, de jouer avec les lois, les esprits, les propriétés, en d'autres termes de s'offrir un peu de liberté » (Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, p. 438).

permanente de l'« aspect esthétique »⁶⁴. Dans ce cas, le hasard représente l'aspect fluide du concept, mais c'est le processus de conception, et non la forme, qui est fluide et qui se développe d'une manière continue.

L'architecture métaboliste de Kurokawa développe l'idée de mobilité dans le sens du « flux d'information entière y compris le mouvement des objets, des gens et de l'énergie ». Cette architecture constitue la métaphore du métabolisme biologique et du développement des organismes. Leurs expressions conceptuelles sont révélées en architecture par le métabolisme matériel et le métabolisme énergétique⁶⁵. Le métabolisme matériel est fondé, comme l'architecture mobile de Friedman, sur l'organisation des cellules habitables, tandis que le métabolisme énergétique est représenté par le concept de l'« architecture de la rue »⁶⁶. Ainsi, le métabolisme associe le processus dynamique au système organisationnel biologique, en concevant des « unités d'habitation » indépendantes, groupées autour d'un noyau central. Dans le projet *Nagakin Capsule Tower* [1970-1972], la fluidité architecturale se trouve dans la possibilité de réorganisation de l'ensemble par l'indépendance de chaque cellule, qui peut être enlevée sans que les autres soient affectées.

La mobilité et la flexibilité ne définissent pas la fluidité, mais elles constituent les moyens par lesquels une composition de plusieurs modules devient fluide. La question d'échelle est essentielle car la fluidité architecturale n'est pas exprimée par l'idée de cellules, de modules, mais plutôt par leur organisation active, dynamique, changeante et par leur évolution comme ensemble. Les projets d'Ionel Schein, Chanéac ou Pascal Häusermann interrogent différemment la modularité : si les recherches de Schein, qui ont influencé le mouvement métaboliste, se concentrent sur l'industrialisation des capsules habitables, mais à une échelle unitaire, où l'habitant peut intervenir et changer l'espace intérieur, Chanéac et Häusermann pensent la modularité au niveau de leur assemblage. Les *Domobiles* [1971-1973] de Häusermann ou les *Cellules polyvalentes superposables* [1960-1971] sont des éléments préfabriqués qui, par leur

⁶⁴ Yona Friedman explique le rôle du hasard dans la composition architecturale : « La force d'expression individuelle deviendra ainsi une composition "au hasard" (chaque utilisateur n'y déterminant que 'sa propre projection'), et l'aspect esthétique de cette composition changera chaque jour, chaque heure ou à chaque maison... » (*Ibid.*, 2003, p. 214).

⁶⁵ « [...] le métabolisme (métabolisme matériel et énergétique) représente des concepts situés à deux niveaux différents. Le métabolisme biologique se réfère à la mutation et l'échange des substances dans l'organisme vivant. Le métabolisme de l'énergie est l'expression théorique de ce procédé. En revanche, le développement se réfère à l'augmentation quantitative de volume dans le système vivant, particulièrement une augmentation dans les volumes de ses formes élémentaires. Les premières études du métabolisme se concentraient sur le métabolisme matériel » (Kurokawa, 1968, p. 17).

⁶⁶ « Le concept de l'"architecture de la rue" essaie de rattacher à la trame du flux vital qui se poursuit vingt-quatre heures par jour le concept de la vie divisée en unités » (*Ibid.*, 1968, p. 17).

connexion ou juxtaposition, constituent des ensembles architecturaux modulaires, qui évoluent sans cesse selon les habitants.

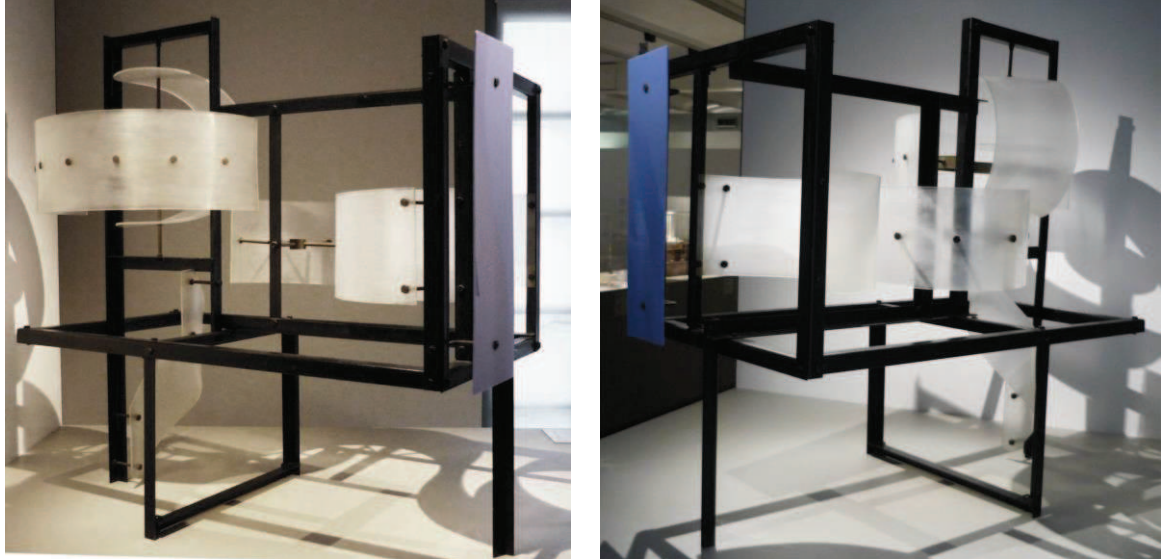
Le dynamisme de ces projets souligne la mobilité adoptée au sens propre qui, au niveau de la cellule, du module, ne constitue pas un attribut de l'architecture fluide. Une voiture qui se déplace, une maison-hélicoptère qui vole, une capsule habitable qui peut être transportée ne sont pas des exemples qui représentent le dynamisme comme une dimension architecturale fluide. Au niveau des mégastructures, des ensembles, le hasard est introduit par les habitants. Contrairement à l'architecture du début du XX^e siècle, le dynamisme n'est pas une métaphore de la libération de l'esprit, mais il est employé à son sens propre, par la mobilité de ses composants. Dans ce cas, le dynamisme lui-même ne constitue plus une expression fluide : il devient le moyen par lequel l'utilisateur détermine la dimension fluide de l'architecture.

Le dynamisme comme objectif de l'architecture fluide

Si les futuristes analysaient le dynamisme plastique et Theo van Doesburg recherchait la quatrième dimension de l'architecture, une partie des architectes visionnaires continue cette recherche, en exprimant le dynamisme comme un objectif. D'un côté, les compositions de Constant Nieuwenhuys et le « spatiodynamisme » de Nicolas Schöffer réinterprètent les principes néo-plasticistes, de l'autre côté, la « fonction oblique » de Claude Parent et Paul Virilio réintroduit le dynamisme absolu.

Dans les années 1950, l'artiste Constant Nieuwenhuys et l'architecte Aldo van Eyck s'intéressent à la relation entre art et architecture, en réinterprétant non seulement le dynamisme, mais aussi la dissolution des limites et la fluidité spatiale. D'une manière similaire aux *Contre-Constructions*, en 1954, ils réalisent une sculpture intitulée « Construction avec plans incurvés », où le caractère informe, ouvert, actif et plastique de l'architecture définie par Van Doesburg est conservé. La composition est encore plus dynamique grâce aux plans verticaux ondulés qui ne se coupent pas, fixés sur un cadre rigide. L'idée d'explosion des limites et des plans disposés selon des forces centrifuges autour d'un noyau fixe évolue vers une hybridation entre l'espace omnidirectionnel du groupe De Stijl, la transparence du Pavillon de Barcelone et les formes courbes de la Villa Savoye. Cette construction, à la frontière de l'art et de l'architecture, interprète l'espace d'une manière plus dynamique que les néo-plasticistes : les plans ondulés

transparents, en plexiglas, opposés au cadre rigide et opaque en métal⁶⁷, traversent longitudinalement et verticalement la composition. Ces éléments incurvés flottants n'ont plus comme rôle de diriger l'espace car, dans ce cas, il n'existe plus un espace intérieur et un espace extérieur.



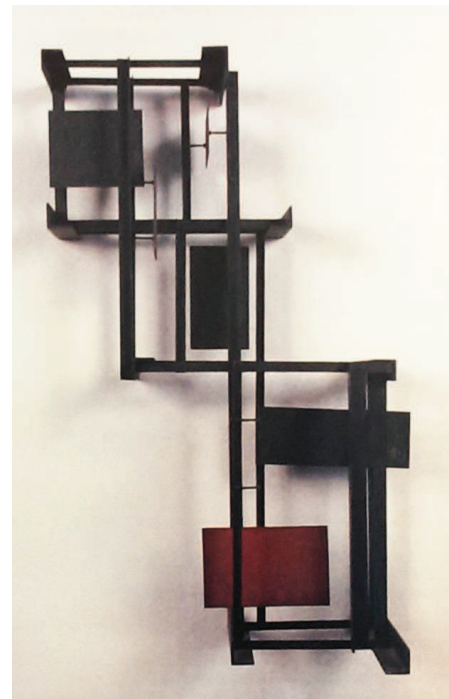
© Constant Nieuwenhuys (architecte) ; Irina Voda (photo)

Source : Maquette présentée à l'exposition permanente « Architectures expérimentales », FRAC Centre.

Figure 6. Construction avec plans incurvés, Constant Nieuwenhuys, 1954.

Nous pouvons considérer, comme dans le cas du pavillon de Barcelone, que le vide est « actif », « fluide » et s'écoule parmi les plans suspendus, en se « concentrant » selon leurs ondulations : une courbure plus accentuée détermine une « accumulation » de l'espace, tandis qu'une courbure plus légère engendre son « glissement ». Par rapport aux *Contre-constructions*, cette composition évoque la fluidité à la fois au niveau spatial, par la dissolution totale des limites, et au niveau formel, par l'ondulation des éléments transparents.

Similairement, les projets « spatiodynamiques » de Nicolas Schöffer constituent des sculptures animées, qui intègrent, d'une manière « constructive et dynamique », l'espace dans l'œuvre plastique. Schöffer s'inspire des



© Nicolas Schöffer (architecte) ; Irina Voda (photo)

Source : Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, 453

Figure 7. Sans titre, Nicolas Schöffer, 1953.

⁶⁷ « Ces matériaux lui permettent de développer des volumes abstraits, aux contours à la fois acérés et indéterminés, flottant dans l'espace et le découpant en même temps » (Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, p. 153).

œuvres néo-plasticistes de Mondrian, en les transformant en modèles tridimensionnels, des « sculptures-spectacles », auxquels des éléments dynamiques, comme le mouvement réel, le son et la lumière, sont ajoutés grâce à l'électronique (*Ibid.*, 2003, p. 452). La sculpture « Sans titre » de 1953 matérialise les principes architecturaux de De Stijl par une composition de plans de différentes dimensions associés à un cadre rigide, devenant une œuvre dissoute dans l'espace, avec des plans indépendants disposés selon une modulation des proportions. Contrairement à la construction de Constant, l'espace de Schöffer n'est pas concentré selon différentes courbures mais, grâce à l'équilibre et au rapport proportionnel entre les éléments composants, la distribution spatiale est homogène. Cette homogénéité évoque la sublimation totale : le solide se transforme directement en vide et la fluidité se trouve au plus haut niveau.

Si les projets de Constant et Schöffer conservent toujours l'orthogonalité néo-plasticiste, le dynamisme étant évoqué par la disposition des éléments solides rapportés au vide, Claude Parent et Paul Virilio, similairement aux futuristes, introduisent la diagonale comme expression dynamique. Néanmoins, contrairement à Sant'Elia, Parent et Virilio associent la diagonale aux plans horizontaux, au sol et non aux plans verticaux, ce qui souligne, d'une manière plus pertinente, le dynamisme absolu d'Umberto Boccioni. La théorie de la « fonction oblique », développée autour de la revue *Architecture Principe*, fondée par Parent et Virilio, reconsidère l'équilibre du corps humain selon l'inclinaison du sol, en interrogeant son mouvement absolu : « La fonction oblique c'est l'architecture de l'effort qui éveille et catalyse l'homme ; elle est opposée au confort lénifiant qui l'endort et conduit son mental à la mort » (Cattant, Mahdalickova, Parent, 2013, p. 71). Même si la fluidité est plutôt associée à la série de dessins *Open limits*⁶⁸, nous l'interprétons comme l'expression dynamique du corps « en état de réceptivité, de participation et d'adhésion à une dynamique de nature architecturale » (Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, p. 96) qui constitue l'élément essentiel de la théorie de la « fonction oblique ». La diagonale, qui pour les futuristes a incarné l'expression du mouvement et de la vitesse et pour Theo van Doesburg a indiqué la rupture avec le néo-plasticisme de Mondrian, est employée dans les projets de Parent et Virilio comme la nouvelle dimension de la fluidité spatiale⁶⁹. Selon Eva Mahdalickova, l'oblique

⁶⁸ La récente série *Open limits* présente des dessins des années 2000 qui abordent l'espace infini et fluide par des formes dynamiques et courbes : « L'espace redevient ce qu'il était : l'unité des flux et des forces en mouvement. En sortant des habitudes orthogonales de la pensée, on s'ouvre à la fluidité. Se laver à la fluidité, ne plus se heurter à la solidité des choses et des obstacles » (Cattant, Mahdalickova, Parent, 2013, p. 94). Ces concepts seront analysés dans le chapitre « La continuité formelle et spatiale ».

⁶⁹ « L'oblique rend à l'espace ses qualités de fluidité nécessaires à des rapports humains libres et enrichissants que l'habitat urbain aujourd'hui aliène ou nie. Le corps sensible et présent, sa relation à la pesanteur, son adhérence au sol et sa perception de l'espace sont à l'origine de cette recherche » (Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, p. 96).

représente l'« architecture de la fluidité » par l'instabilité du corps et par le dynamisme spatial car « découvrir l'espace fluide c'est redécouvrir l'espace du mouvement » (Cattant, Mahdalickova, Parent, 2013, p. 96). Nous considérons la « fonction oblique » comme la transition de l'architecture d'avant-garde du début du XX^e siècle à l'architecture déconstructiviste des années 1980 par la rupture, la fracture et l'instabilité du volume, afin de trouver la continuité et la fluidité spatiale.

4.3.b) La fluidité dans l'architecture déconstructiviste

La déconstruction constitue une synergie entre l'architecture américaine des années 1970 - 1980, inspirée du mouvement constructiviste russe, qui a « réussi à rendre la ligne géométrique dynamique, mais non à révolutionner la statique de l'objet » (Strano, 1997, p. 84), et la philosophie de Jacques Derrida, qui ne considère pas la déconstruction comme une métaphore⁷⁰, mais plutôt comme un processus de la nouvelle pensée architecturale. La déconstruction impose une relecture des éléments architecturaux et leur composition selon un nouveau vocabulaire. Celui-ci opère avec des notions qui contiennent les préfixes « trans- » (transition, transpositions, transfert, etc.), « dis- » (disjonction, dissociation, distorsion, dissémination, dispersion, dislocation, etc.), « dé- » (déstabilisation, déconstruction, etc.), afin de créer un nouveau code qui permet la coprésence de l'origine et de la fin⁷¹ dans le processus architectural (Pélissier, 1988).

En ce qui concerne la fluidité, elle s'actualise toujours selon les expressions du dynamisme et du mouvement en architecture. Ces éléments sont employés par Zaha Hadid, Bernard Tschumi, Peter Eisenman ou Coop Himmelb(l)au et « matérialisés » en architecture selon différentes théories qui convergent vers la même idée : l'architecture contemporaine⁷² est la représentation de la vie dynamique qui évolue en permanence, la forme constituant un moment fixé, figé pendant le processus de conception. Cette pensée exprime en réalité notre hypothèse de la fluidité figée à un instant d'un mouvement, d'un événement. Le processus fondé sur des

⁷⁰ Dans l'aphorisme n° 48 de son texte intitulé *Cinquante-deux aphorismes pour un avant-propos*, Jacques Derrida affirme : « Contrairement à l'apparence, "déconstruction" n'est pas une métaphore architecturale. Le mot devrait, il devra nommer une pensée de l'architecture, une pensée à l'œuvre. [...] Ensuite une déconstruction devrait déconstruire d'abord, comme son nom l'indique, la construction même, le motif structural ou constructiviste, ses schèmes, ses intuitions et ses concepts, sa rhétorique. Mais déconstruire aussi la construction strictement architecturale, la construction philosophique du concept d'architecture, celui dont le modèle régit aussi bien l'idée du système en philosophie que la théorie, la pratique et l'enseignement de l'architecture » (Pélissier, 1988, p. 53).

⁷¹ « [...] c'est donc provoquer une lecture dans les deux sens de la fin vers l'origine et vice versa à l'intérieur d'une écriture [pensée architecturale] qui manifeste l'intervalle entre les termes opposés et leur instabilité fondatrice » (*Ibid.*, 1988, p. 54).

⁷² Dans ce contexte, nous utilisons le terme de « contemporain » par rapport aux années 1970-1980.

« notions pré-établies qui engendrent la forme »⁷³ constitue l'essence du discours déconstructiviste.

L'architecture de Peter Eisenman incarne différents concepts théoriques, comme la « forme faible », les « secondarités », la « présence de l'absence », la « dislocation » etc., afin d'intégrer la dimension dynamique en architecture. Si Theo van Doesburg pense la quatrième dimension comme l'élément dynamique associé à l'architecture, Peter Eisenman introduit le temps disloqué, à l'antipode du temps conventionnel. La dislocation, exprimée comme un processus, devient le nouvel élément dynamique, présente dans toutes les dimensions de l'architecture : les bâtiments, les lieux et même la tradition sont disloqués (An Interview with Peter Eisenman, 1991). L'architecture de Peter Eisenman évolue d'une approche « transformationnelle », visible dans ses premières huit maisons, à une approche « décompositionnelle ». L'approche « transformationnelle » suppose une « image préconçue » qui se développe selon une « série de transformations » (la recherche de la structure formelle à partir d'un volume simple), tandis que l'approche « décompositionnelle » est fondée sur des « notions formelles fixées dès le départ » (Peter Eisenman : l'espace autre, 1985, p. 34).

Les premières maisons, qui matérialisent le « dédoublement » du cube conservant les traces des transformations, suggèrent une fluidité plus proche de la fluidité moderniste de Mies van der Rohe ou Le Corbusier. La maison House II [1969-1970] incarne les principes néo-plasticistes par le travail tridimensionnel qui « part des propriétés de structuration de la surface, comme dans la peinture abstraite de Mondrian » (*Ibid.*, 1985, p. 29). La dynamique volumétrique est générée par le dialogue extérieur-intérieur, mis en évidence par la dissolution des limites extérieures. Le concept de Guardiola House [1986-1988] exprime la transformation et la décomposition d'un cube, par des déplacements, superpositions, rotations et dislocations, selon une trajectoire décomposée au long de la pente du site. La fluidité architecturale est évoquée par l'incarnation dynamique du mouvement, similaire à l'œuvre de Marcel Duchamp, « Nu descendant un escalier » [1912]. Chaque étape figée du déplacement conserve une « empreinte » formelle, une séquence du processus de conception. La forme finale devient ainsi la lecture de ces séquences⁷⁴, en matérialisant l'« idée d'une réciprocité de forme entre traçage et impression, de

⁷³ En 1980, Peter Eisenman explique que la « déconstruction » ne se réfère pas à l'édification, mais « bien plus au processus de conception et de composition ». Le terme « dé-construction », emprunté à l'analyse des textes littéraires, désigne un dispositif analytique et « ne suggère pas une attitude particulière envers le processus de fabrication ou le physique de l'objet produit ». Pour cette raison, selon Eisenman, « le mot décomposition est utilisé de préférence à dé-construction » (Peter Eisenman : l'espace autre, 1985, p. 35).

⁷⁴ Selon Peter Eisenman, la composition suppose une « forme-image » adaptée aux différentes exigences. Contrairement à celle-ci, la décomposition « suppose généralement une idée de transformations par séquences, c'est-à-dire l'élaboration d'un objet complexe à partir d'une chose simple » (*Ibid.*, 1985, p. 35).

l'état solide au vide et de la "présence absente" qui laisse son empreinte sur quelque chose » (Levrat, 1992, p. 103). Outre le dynamisme évident du projet, la « sublimation » architecturale, marquée par le passage de l'état solide au vide, souligne la fluidité architecturale figée, suspendue entre une fluidité lourde et une fluidité légère. Puisque la forme est une étape du processus de transition entre le cube solide et le vide, la fluidité est figée à un instant intermédiaire.

Le dynamisme, en tant qu'expression fluide, est également présent dans l'architecture de Zaha Hadid ou Bernard Tschumi. Celle-ci est influencée par l'avant-garde russe des années 1920 : les projets de Zaha Hadid interprètent le suprématisme de Kasimir Malevitch, tandis que Bernard Tschumi s'inspire de l'œuvre constructiviste d'Iakov Chernikhov. L'architecture de Tschumi, similairement à l'architecture d'Eisenman, est fondée sur des volumes simples soumis à des processus « dis », « dé », « trans », et se définit par la « combinaison d'espaces, d'événements et de mouvements, sans préséance ni hiérarchie entre ces termes » (Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, p. 482). Son projet pour le Parc de la Villette [1983-1992] présente la disposition « explosée »⁷⁵ des « Folies » dans une composition ouverte et dynamique, dans laquelle leur montage⁷⁶ constitue la deuxième étape de conception. Ce montage est révélé par la superposition de trois systèmes : les points (les « Folies »), les lignes (les circulations) et les surfaces (les espaces verts). La décomposition géométrique de chaque « Folie » et le dynamisme de la composition globale sont les accents fluides du concept architectural.

Pour ce qui est de l'architecture de Zaha Hadid, ses premiers projets (à partir de son projet de fin d'études *Malevich's Tektonik*) évoquent la composition plastique suprématisme, issue du cubofuturisme. Celui-ci emprunte le dynamisme et implicitement la quatrième dimension au futurisme et les figures géométriques au cubisme. Les deux éléments essentiels du discours de Malevitch sont métaphorisés par Zaha Hadid dans son projet pour le « Poste de pompiers pour Vitra » [1993]. Les dessins du projet interprètent les compositions bidimensionnelles de Malevitch à un niveau tridimensionnel, volumétrique. Les plans qui flottent dans l'espace, prolongés à l'infini, se dissipent dans l'horizon. Nous pouvons difficilement distinguer le volume proposé par l'architecte des lignes directrices du site car « le suprématisme passe d'abord par un "travail sur le site" », qui se réfère plutôt au « parcellaire agricole ou des voies de chemin de

⁷⁵ L'explosion constitue la première étape du concept, qui « dissémine les éléments dans l'espace » selon une grille organisatrice (Brayer, 1998, p. 87).

⁷⁶ « A la notion de composition, le projet de La Villette substitue une idée comparable à celle du montage cinématographique, supposant la présence de fragments autonomes, les photogrammes, combinés en d'infinis scénarios possibles [...] » (*Ibid.*, 1998, p. 88-89).

fer »⁷⁷ qu'au paysage naturel ou bâti. Même si le projet réalisé est, évidemment, plus « lourd » que les dessins, le dynamisme conservé par les diagonales en mouvement le transforme, selon Zaha Hadid, en un « bâtiment très ouvert, très léger »⁷⁸. La fluidité est l'expression dynamique des plans et des diagonales en mouvement qui, outre le suprématisme de Malevitch, trouve des références dans les œuvres de Mies van der Rohe et de Claude Parent (Vermeil, 1994, p. 59). Toutes ces références sont « traduites » par la vision unique de Zaha Hadid. Si Claude Parent emploie la diagonale comme un élément dynamique, fondé sur la force de gravitation du corps humain, qui fracture le bâtiment, Hadid transforme le mouvement relatif et absolu en un dynamisme anti-gravitationnel qui, contrairement à Parent, souligne la flottaison et le vol des constructions. La fluidité, comme dans l'architecture d'Eisenman, est surprise dans un processus d'explosion et désintégration, dans lequel les éléments flottants ou volants expriment à la fois la tectonique des plans et la légèreté du mouvement. La fluidité est donc figée à un état de transition du solide au vide, dans un processus de sublimation architecturale.

La fluidité dans la période déconstructiviste n'est pas uniquement évoquée par cette transition d'état, mais aussi par une dimension fractale, interprétée comme une géométrie du chaos. Le chaos expliqué par Shinohara⁷⁹ comme une condition fondamentale de la ville de Tokyo, est interprété par Charles Jencks comme la dimension fractale de l'architecture déconstructiviste, notamment par les grilles abstraites d'Eisenman, variées en dimensions, disposition et couleur, exprimant la caractéristique essentielle du chaos, l'auto-similarité. Afin de trouver des accents « chaotiques », et implicitement fluides (cf. chapitre antérieur « Chaos, fractales et catastrophes dans l'architecture fluide ») dans l'architecture déconstructiviste, nous considérons que la « nécessité de l'arbitraire », introduite par Eisenman comme une condition de la secondarité, constitue l'élément qui exprime la fluctuation de Shinohara. La métastabilité⁸⁰ des concepts déconstructivistes suggère l'instabilité des systèmes dynamiques chaotiques. Cette instabilité est

⁷⁷ « Par le tracé inlassablement répété du parcellaire agricole ou des voies de chemin de fer, il s'agit d'atteindre l'invisible : de repérer les champs magnétiques, de capter les énergies telluriques, de localiser les forces latentes » (Dumont, 1993, p. 5).

⁷⁸ Zaha Hadid affirme : « Je pense d'abord en murs pour créer la dynamique. L'achèvement, c'est ce qu'il y a entre. C'est une question d'occupation du sol, de fragmentation » (Vermeil, 1994, p. 59).

⁷⁹ Shinohara explique le chaos du point de vue scientifique, similairement à notre explication du début de la thèse : « The study of chaotic phenomena is a new area of mathematics and physics. It is concerned with "disorder, instability, variety, heterogeneity, and temporality". Every system (of life) posses a subsystem that "fluctuates", to use Prigogines' expression... It is impossible to predict whether the system will desintegrate into "chaos" or become a "dissipative structure" on a more differentiated and advanced level of organisation. This is because more energy is required to maintain the structure than the previous, simpler structure » (Jencks, 1990, p. 11).

⁸⁰ La métastabilité constitue un équilibre extrêmement fragile, dont la moindre perturbation affecte la stabilité. Gilbert Simondon énonce les éléments qui influencent la métastabilité : « Les Anciens ne connaissaient que l'instabilité et la stabilité, le mouvement et le repos, ils ne connaissaient pas nettement et objectivement la métastabilité. Pour définir la métastabilité, il faut faire intervenir la notion d'énergie potentielle d'un système, la notion d'ordre, et celle d'augmentation de l'entropie » (Simondon, 1964, p. 6).

incarnée par la forme comme la séquence d'une transformation continue, comme l'épisode éphémère d'un processus temporel. Le chaos constitue une expression de la fluidité architecturale déconstructiviste grâce à l'incertitude qui a généré le mouvement et au développement potentiel de la forme (si le processus était figé à un autre instant).

5. La continuité formelle

La continuité formelle se réfère à la courbure et à l'ondulation de la forme architecturale évoquant, comme « La conception architecturale moderne », le dynamisme volumétrique et la fluidité spatiale. Le dynamisme, en tant qu'expression du mouvement et de la quatrième dimension, constitue l'élément recherché à travers le XX^e siècle, soit par la fracturation volumétrique, soit par sa continuité. Après avoir analysé, dans le chapitre précédent, le dynamisme comme fracturation formelle par la dissolution des limites physiques ou par la diagonale, le chapitre actuel se concentre sur la continuité volumétrique par l'ondulation de la masse et par les références mathématiques topologiques (les surfaces non orientables).

La fluidité architecturale, exprimée comme une continuité formelle, est la métaphore du cycle de l'eau qui, par des processus de transformation, comme la vaporisation et la liquéfaction, assure l'évolution du monde vivant. Les deux chapitres, « La conception architecturale moderne » et « La continuité formelle », se réfèrent à la métaphore de la dynamique des fluides¹ en architecture. Ce dynamisme exprime toujours la temporalité, l'approche de la quatrième dimension dans les deux cas. Pour Boccioni et Theo van Doesburg, la continuité est employée au niveau du discours et non au niveau de la forme : dans les œuvres futuristes et les Contre-constructions de De Stijl, la relation espace-temps est exprimée par la continuité du mouvement ; l'architecture devient plastique par la décomposition de l'objet classique en plusieurs plans et sa recombinaison devient dynamique par leur superposition et juxtaposition. Dans ce cas, le mouvement est révélé par une fracturation, par une explosion formelle et non par la continuité des limites physiques. En ce qui concerne la décomposition, le fondement de l'architecture déconstructiviste, la fracturation est toujours présente.

¹ La dynamique des fluides est l'étude du mouvement des fluides et de ses caractéristiques, rapportées à l'interdépendance espace-temps.

Afin de différencier l'approche dynamique des deux chapitres, nous introduisons l'analogie à la fois entre l'approche dynamique de « La conception architecturale moderne » et la théorie de la relativité restreinte d'Einstein et entre sa théorie de la relativité générale et le chapitre « La continuité formelle ». Généralement, selon d'autres discours architecturaux, l'analogie se limite à l'influence des théories de la relativité sur l'art avant-gardiste². Ce chapitre ne vise pas la démonstration de la pertinence des théories d'Einstein par rapport à la continuité formelle architecturale, mais plutôt l'explication du dynamisme comme l'expression d'une géométrie courbe. Outre la quatrième dimension, la courbure constitue le nouvel élément introduit par la théorie de la relativité générale et accompagne le dynamisme espace-temps introduit par la relativité restreinte³. Pour cette raison, nous avons choisi de séparer les deux perspectives dynamiques : la perspective qui évoque la fluidité architecturale par le mouvement (la diagonale et la fracturation) et la perspective qui évoque la fluidité architecturale par la courbure et la continuité formelle.

Puisque dans ce chapitre, les deux directions analysées, l'approche mathématique des formes topologiques et l'« architecture sculpture »⁴, se développent indépendamment et parallèlement par rapport à la théorie de la relativité générale d'Einstein, nous n'insistons pas sur celle-ci et sur son apport en art et architecture. Si les surfaces non orientables, comme le ruban de Moebius ou la bouteille de Klein sont mathématiquement analysées au cours du XIX^e siècle, l'« architecture sculpture » fait partie de l'architecture visionnaire des années 1950-1960. Les deux directions défendent la « forme libre »⁵ et c'est cette forme libre, « lyrique » et « poétique » qui caractérise le chapitre actuel.

² « Van Doesburg a porté son attention sur la théorie de la relativité de manière spécifique lors d'un séjour en Allemagne en 1921 et 1922. [...] C'est en 1924 que Lissitsky allait écrire sur ses *Prouns* un essai important dans le cadre des travaux d'Einstein et de Minkowski, et il a eu avec Van Doesburg un échange d'idées très animé au début des années vingt. S'il devait adopter dès 1924 une interprétation de la quatrième dimension comme relevant uniquement du temps, il avait au début partagé l'optique de Van Doesburg selon laquelle le monde spatio-temporel d'Einstein serait une extension de la croyance artistique précédente en une quatrième dimension spatiale » (Dalrymple Henderson, 1985, p. 198).

³ La théorie de la relativité générale d'Einstein [1907-1915] suit sa théorie de la relativité restreinte [1905]. Celle-ci admet un espace à quatre dimensions, mais « l'espace est plat, de courbure nulle » (Bachelet, 1998, p. 55). La théorie de la relativité générale [1907-1915] suppose qu'« en présence d'un champ gravitationnel la géométrie de l'espace-temps se courbe » (*Ibid.*, 1998, p. 56). Même si l'espace-temps de la relativité restreinte « semble statique », il s'oppose à l'espace absolu de Newton.

⁴ Les notions d'« architecture-sculpture » et de « sculpture-architecture » ont été introduites pour la première fois en 1963 par Michel Ragon, dans son ouvrage *Où vivrons-nous demain ?*. L'« architecture-sculpture » est associée aux constructions comme le Parc Güel de Gaudi, la chapelle de Ronchamp de Le Corbusier, la Maison sans fin de Frederick Kiesler ou aux concepts d'Hermann Finsterlin. Cette architecture « ne remplacerait pas fatalement l'architecture mathématique, mais pourrait lui apporter un élément concurrentiel toujours profitable au développement de courants nouveaux » (Ragon, 1963, p. 110). Les « sculptures-architectures » peuvent « donner à la sculpture une chance exceptionnelle de renouveau ». Elle se réfère à des œuvres de Pierre Szequely, Nicholas Schöffer ou André Bloc (*Ibid.*, 1963, p. 114).

⁵ Outre l'ondulation formelle à laquelle la notion de « forme libre » fait référence, « la forme libre » est aussi le titre d'une exposition à Centre Pompidou (22mai-26 août 1996) autour du thème de l'architecture des années 1950. Cette

5.1. L'approche mathématique de la continuité formelle

La référence mathématique, toujours présente en architecture, est employée, à travers le XX^e siècle, par plusieurs approches architecturales : le calcul infinitésimal de Leibniz, repris en 1961 par l'analyse non standard d'Abraham Robinson, est le fondement du discours théorique qui explique le titre de l'exposition « Architectures non standard » de 2003 à Centre Pompidou, tandis que la topologie transforme le sens des notions de « limite » et d'« orientabilité », en devenant un des éléments clefs de l'« hypersurface » de Stephen Perella, de l'« objectile » de Bernard Cache ou des « blobs » de Greg Lynn⁶.

5.1.a) Topologie et non-orientabilité en mathématiques

La topologie (où *topos* signifie « lieu ») est la branche mathématique qui interprète la continuité comme invariant géométrique lors d'une transformation formelle⁷. Du point de vue spatial, l'espace topologique constitue un des trois composants de « l'espace total »⁸ et « met en jeu les notions de *continu* et de *discontinu*, de *voisinage*, de *domaine* et de *frontière*, d'*ouverture* et de *fermeture*, d'*intérieur* et d'*extérieur*, de *disjoint* et d'"un seul tenant", de *troué* et de *non-troué* » (Sauvy, Sauvy, 1972, p. 12). Quant aux formes, elles sont caractérisées par l'identité topologique. L'identité topologique d'un objet se conserve s'il est modifié sans être coupé ou recollé : par exemple « le cube, la sphère et toute autre forme – si complexe et compliquée soit-elle – peuvent, en théorie, être fusionnés en une forme de boule par étirage, pliage, planage ou toute autre déformation plastique (mais sans déchirure ni coupure) » (Burry, Burry, 2010, p. 159). Dans une transformation topologique, les distances et les volumes ne sont pas importants, c'est le genre des surfaces topologiques qui définit leur identité. Ainsi, le cube, la sphère et les autres formes qui peuvent être transformées par différents processus en une boule sont de genre 0, tandis que si nous perçons un trou dans la boule, son genre devient 1⁹ (Figure 1). Le genre correspond au nombre de trous percés dans la surface.

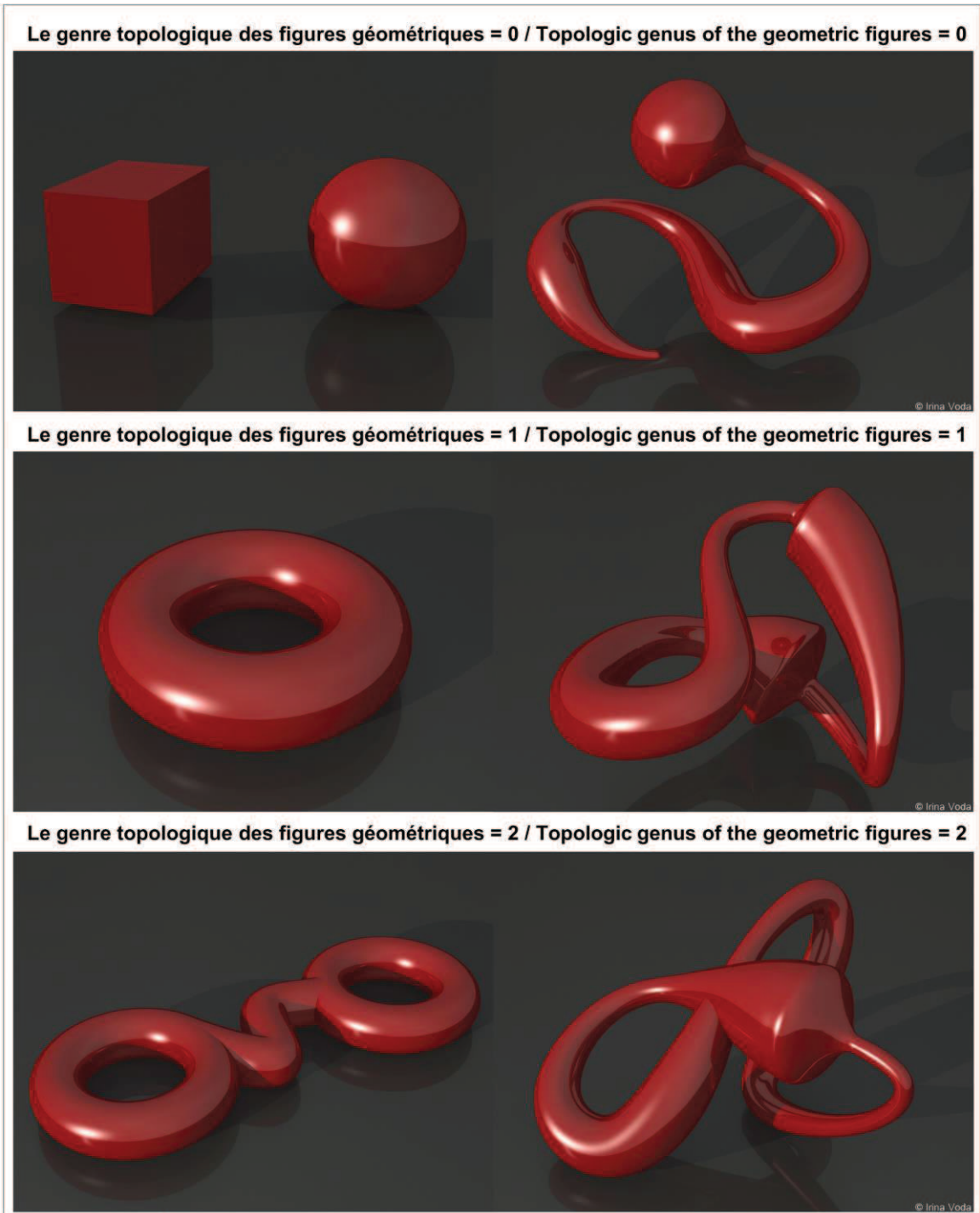
exposition présente la « forme libre » comme un mouvement qui « recouvre tout à la fois l'inspiration puisée dans les formes organiques ou dans les formules mathématiques et la volonté d'introduire "poésie et lyrisme" dans l'héritage fonctionnaliste » (Centre Georges Pompidou, 1996, p. 2).

⁶ Les termes sont définis dans le chapitre « Fluide et fluidité : définition et métamorphose ».

⁷ En 1872, le mathématicien Felix Klein organise la géométrie selon quatre étages : l'isométrie, la similitude, la projective et la topologie. Ces catégories sont pensées par rapport à leurs transformations caractéristiques (rotation, homothétie, projection et déformation) et par rapport à leurs invariants numériques et géométriques (distances, angles, intersections et alignement et continuité) (Cache, 2005, p. 32).

⁸ L'« espace total » est composé par l'espace topologique, projectif et euclidien (Sauvy, Sauvy, 1972, p. 12).

⁹ « [...] deux surfaces (supposées en caoutchouc dans un cas concret) ont le même type topologique si l'on peut passer de l'une à l'autre en les étirant quitte, éventuellement, à laisser certaines parties se traverser mutuellement, mais sans déchirer, ni couper, ni coller » (Hildebrandt, Tromba, 1991, p. 83).



© Irina Voda
Figure 1. Le genre de différentes formes topologiques

Un élément qui nous intéresse par rapport à la continuité topologique est la non-orientabilité. Celle-ci est propre aux surfaces comme le ruban de Moebius ou la bouteille de Klein. La question de la non-orientabilité vise la continuité entre la surface intérieure et la surface extérieure, c'est-à-dire qu'elles ne peuvent pas être différenciées. Une surface non orientable se distingue d'une surface orientable selon différentes méthodes : « une surface dans l'espace euclidien R^3 est

orientable si une figure à deux dimensions ne peut pas être déplacée autour de la surface et revenir à l'endroit où elle a commencé pour qu'elle ressemble à sa propre image. Dans le cas contraire, la surface est non orientable » (*Ibid.*, 2010, p. 263) ; les surfaces sont « non orientables, car on ne peut pas savoir si une rotation se fait dans le sens des aiguilles d'une montre ou en sens contraire sur ces surfaces » (Hildebrandt, Tromba, 1991, p. 89). Par exemple, le cylindre et le tore représentent des exemples pour les surfaces orientables, tandis que le ruban de Moebius et la bouteille de Klein constituent des surfaces non orientables. Même si les surfaces non orientables correspondent à une transformation relativement simple des surfaces orientables par le biais des torsions, elles ne peuvent pas se composer elles-mêmes dans la nature (Popa, 2003, p. 4).

Parmi les surfaces non orientables, le ruban de Moebius est l'exemple le plus remarquable : un prototype qui peut générer d'autres formes similaires, mais jamais identiques (*Ibid.*, 2003, p. 5). Cette figure, découverte en 1858, décrit un rectangle transformé, par une torsion et une rotation, dans une seule surface continue, bornée et finie, mais qui permet un parcours infini entre les deux surfaces initiales (intérieure et extérieure). Le prototype du ruban de Moebius a été adopté pour la description de la surface (bouteille) de Klein en 1882, quand Felix Klein a « collé conceptuellement deux séries de bords opposés d'une bande, l'une directement et l'autre avec une torsion » (Burry, Burry, 2010, p. 158). Le résultat est une seule surface continue, qui n'est pas bordée et qui se recoupe elle-même. Son auto-intersection est due à la représentation en trois dimensions, cette surface étant correctement représentée en quatre dimensions, où elle ne se recoupe pas. D'une manière comparable, la représentation du ruban de Moebius en deux dimensions impose l'intersection de la surface, tandis qu'en trois dimensions, cette surface est continue. D'autres exemples similaires, tels que la surface de Boy ou l'immersion « en 8 » de la bouteille de Klein, sont représentés en 3D par le biais de l'auto-intersection, tandis qu'en 4D elles ne se recoupent pas. Ces monosurfaces, empruntées aux mathématiques, deviennent des défis pour l'art et l'architecture du XX^e siècle.

5.1.b) Continuité et non-orientabilité en art et architecture

Si la topologie étudie la continuité du point de vue de la surface qui, par sa transformation, peut créer des formes paradoxales, les expressions de la continuité en architecture concernent deux parties (la dichotomie) : la continuité de la surface (la façade) et la continuité spatiale (intérieur-extérieur). Quant à la notion d'orientabilité, elle est différente de celle d'orientation, un élément

fondamental pour la conception architecturale. Les deux termes ne doivent pas être confondus car la non-orientabilité n'est pas définie en architecture.

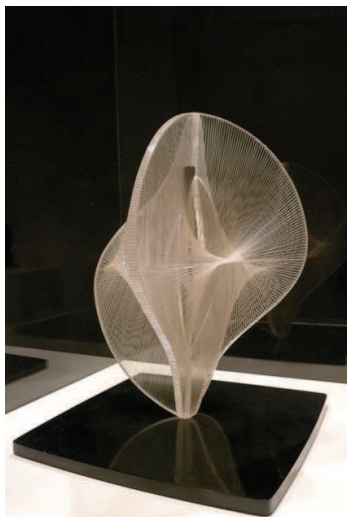
La continuité formelle en art

L'approche de la continuité formelle et de la non-orientabilité a un écho plus grand en arts graphiques et en sculpture qu'en architecture. L'œuvre de l'artiste Maurits Cornelis Escher [1898–1972] est profondément influencée par les mathématiques et la représentation de l'infini. Sa lithographie *Relativité* [1953] qui, par le défi de la gravité devient impossible dans un espace tridimensionnel, constitue la source d'inspiration pour le triangle du mathématicien Roger Penrose et l'« escalier sans fin » de son père, Lionel Penrose (Schattschneider, 2010, p. 711). Les lithographies *Montée et Descente* [1960] et *Chute d'eau* [1961] accusent un mouvement continu par lequel, les trois sources de gravité de la *Relativité* sont supprimées et la loi universelle de la gravitation est réinstaurée selon les schémas de Penrose. L'absurdité et la confusion sont toujours présentes par la continuité vers l'infini, élément surpris par son *Ruban de Möbius II (Fourmis rouges)* [1963] et par *Nœud* [1966], un ruban à trois demi-torsions. Douglas R. Hofstadter associe cette continuité à l'« inexactitude topologique » et notamment à la « bouteille de Klein » car « même quand le système est une abstraction, notre esprit appelle à l'imagination spatiale, avec l'aide d'une forte topologie mentale » (Hofstadter, 1999, p. 65).

L'approche plastique des frères Naum Gabo et Antoine Pevsner souligne la fluidité sculpturale par la transformation de la masse compacte en « une articulation spatiale libre dans la dynamique du vide » (Poletti, 2006, p. 352). La quatrième dimension est matérialisée par des inflexions formelles, inspirées de la géométrie non euclidienne¹⁰. En 1920, dans le « Manifeste réaliste », ils expliquent leur sculpture comme l'expression de l'espace absolu, continu et infini. La plastique de Gabo et Pevsner traduit la relation espace-temps par des formes ouvertes : « Nous exigeons que le temps soit considéré comme un nouvel élément et affirmons qu'il faut utiliser le véritable mouvement dans l'art plastique afin de créer des rythmes cinétiques qui ne soient pas illusoire » (Conrads, 1991, p. 70). Contrairement aux Contre-constructions de Theo van Doesburg, les sculptures en « rythmes cinétiques » utilisent plutôt le matériau comme un « élément pictural » et non la couleur. Si Naum Gabo imagine des géométries transparentes ou translucides, en fibre de nylon ou en plastique, comme la série de *Linear Construction in Space*,

¹⁰ « Les positions occupées par les avant-gardes constituent autant de réactions différentes à cet invisible qui s'ouvre avec la géométrie non-euclidienne et la géométrie à n-dimensions, avec leur revendication d'une inflexion spatiale et l'affirmation de la possibilité d'excéder les 3 dimensions, une revendication qui reste cependant au-delà du visible et de la raison » (Mennan, 2003, p. 37-38).

les formes d'Antoine Pevsner, inspirées des « surfaces développables » du mathématicien Poincaré¹¹, soulignent l'opacité de la surface. Ainsi, Gabo expérimente la « dématérialisation de la matière » tandis que Pevsner pratique le « rôle constructif du vide » (Popa, 2003, p. 15). Dans ses sculptures, *Ruban sans fin* [1937] ou *Continuité* [1947], Max Bill s'inspire de la topologie et notamment du ruban de Moebius. Sa sculpture *Unité tripartite* [1948-1949], avec laquelle Bill a gagné, en 1951, le premier prix de la Biennale de Sao Paulo au Brésil, est une surface continue, perforée et ondulée, une réinterprétation plus complexe du ruban de Moebius. Cet exemple met en évidence la fluidité par sa dynamique formelle, par la fragilité de son équilibre et par l'absence d'une limite évidente et perceptible. Même si la surface est uniquement compréhensible en trois dimensions, elle ne décrit pas un volume, mais plutôt une vague délimitation spatiale.



© Naum Gabo ; Patsy Wooters (photo)

© Antoine Pevsner ; Dave Sandford (photo)

Source : flickr.com/photos/prefers_salt_marsh/6601169273 ; flickr.com/photos/davesandford/2349993982

Figure 2. *Linear Construction in Space N°2*, Naum Gabo, 1957-1958 (à gauche) ; *Germe*, Antoine Pevsner, 1949 (à droite).

La continuité formelle en architecture

En architecture, cette approche est plus subtile et implicitement sa réalisation plus difficile. La recherche de Vittorio Giorgini, qui se trouve au croisement de l'architecture et de l'art, se concentre sur deux axes : « le plan conceptuel de l'espace physico-mathématique et le plan structurel de l'espace architectural » (Vitta, 2006, p. 34), en se matérialisant dans les « architectures d'albâtre »¹². Celles-ci incarnent une interprétation de la topologie aussi bien par rapport à la continuité spatiale que par rapport à la continuité formelle (de la surface). Giorgini

¹¹ Dans son livre « Le Continu mathématique », publié en 1893, Henri Poincaré cherche « à définir a priori la relation entre le continuum intuitif et le continuum analytique, et ce par l'utilisation de modèles infinitésimaux » (Migayrou, Mennan, 2003, p. 31).

¹² Les « architectures d'albâtre » constituent des études matérialisées en sculptures (maquettes) d'albâtre.

s'intéresse à la non-orientabilité des surfaces, en essayant de « corriger » la bouteille de Klein par la conservation de la continuité entre la surface extérieure et la surface intérieure sans l'auto-intersection¹³. Les études sur le ruban de Moebius et la bouteille de Klein lui permettent de concevoir deux nouvelles figures spatiales avec plusieurs courbures, « Sfera Giorgini » et « Toro Giorgini », en assurant la non-orientabilité des surfaces et « la continuité topologique en architecture, avec des conséquences intéressantes d'efficiences statiques » (*Ibid.*, 2006, p. 40). En dépit de ses formes ondulées, Giorgini définit son approche architecturale comme une « géométrie cachée », en refusant l'appellation d'« informel » ou de « formes libres »¹⁴. Même s'il existe la tendance d'intégrer l'œuvre de Giorgini au champ de l'architecture sculpture, son discours architectural nous oblige de la penser comme une approche plutôt mathématique que sculpturale. Des projets comme Casa Saldarini [1962], Villagio [1966-1967] ou Liberty Parkville [1977-1979] confirment la complexité formelle et l'approche plastique de la masse, en évoquant sa fluidité architecturale totale.



Source : Vitta, 2006, p. 40
Figure 3. La bouteille de Klein modifiée.



Source : Vitta, 2006, p. 40-41

Figure 4. Sfera Giorgini (à gauche) et Toro Giorgini (à droite).

¹³ En topologie, la représentation de la bouteille Klein en 3D n'est pas possible sans qu'elle se recoupe elle-même : son identité topologique n'est conservée qu'en 4D. La recherche de Vittorio Giorgini se réfère à la transformation de cette représentation en 3D dans une surface qui ne se coupe pas.

¹⁴ « [...] les formes définies comme "libres et/ ou informelles" n'existent pas en tant que telles mais sont, en réalité, des figures très complexes "combinées par des courbes établies, asymétriques, selon des plans courbes ou non coplanaires" » (Sonzogni, 2003a, p. 64).

Selon Antoine Picon, les architectes contemporains sont fascinés par les variétés topologiques (comme le ruban de Moebius ou la bouteille de Klein), en tant qu'opportunités formelles séduisantes, sans considérer que l'interprétation mathématique de la topologie suppose plutôt la conservation que l'émergence. Son opinion est que les deux positions discordantes doivent s'articuler pour restaurer pleinement leur statut (Picon, 2011, p. 33). Il est vrai que la topologie implique la conservation de certains processus formels mais cette conservation n'empêche pas l'émergence des nouvelles géométries. Les deux notions sont reliées par l'idée qu'une forme peut se transformer en une autre, nouvelle et très différente géométriquement de la forme originale, par la conservation de ses qualités topologiques et la dissipation de ses autres qualités mathématiques. En outre, les variétés ne sont pas des formes exceptionnelles, mais elles se réfèrent aux « modes de détermination » et dépendent de la dimension de l'espace à laquelle elles se rapportent (2D, 3D, 4D) (Popescu-Pampu, 2009). On peut considérer que « la variété des droites dans le plan est en fait une bande de Moebius abstraite » (*Ibid.*, 2009). Il est évident que l'architecture contemporaine recherche le résultat de la transformation topologique, en passant par différentes variétés, en conservant certains paramètres. L'idée de l'application du ruban de Moebius ou de la bouteille de Klein en architecture est compréhensible et représente aussi bien l'apparition de nouvelles géométries suscitées par le développement numérique que la résultante de la conservation de certains paramètres au détriment des autres.

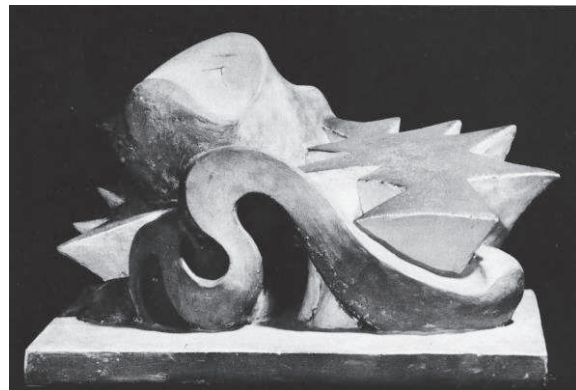
5.2. L'approche sculpturale de la continuité formelle

L'approche sculpturale se développe à travers le XX^e siècle, à partir des années 1920-1930, avec les concepts d'Hermann Finsterlin ou la *Maison sans fin* de Frederik Kiesler, jusqu'à nos jours quand la courbure et l'inflexion ne constituent plus des défis techniques, mais plutôt l'incontournable de l'architecture actuelle. Le plancher, le plafond et les murs se fondent les uns dans les autres dans une géométrie continue, qui refuse l'angle droit. Le processus de « modelage » du bâtiment est basé sur l'« idée de pliage et de déformation » (Putz, 2013, p. 76), la notion de pliage étant liée à la notion d'enroulement¹⁵. La déformation se réfère à l'« altération d'une figure de base » (*Ibid.*, 2013, p. 107) par une série de transformations afin de découvrir des nouvelles expressions formelles. Ces processus de conception formelle sont l'essence de la fluidité comme une approche sculpturale de l'architecture. (Sharp, 1966, p. 102)

¹⁵ « L'enroulement : la continuité des murs et des planchers qu'exprime le dessin en coupe peut suggérer une action de pliage. Contrairement aux conceptions traditionnelles, c'est l'espace lui-même, le vide circulant entre les parois et les planchers qui apparaît comme plié, comme engendré par le déploiement d'une matrice et de ses multiples plis » (Putz, 2013, p. 86).

5.2.a) Les précurseurs de l'architecture-sculpture

Hermann Finsterlin et Frédérick Kisler sont les architectes précurseurs de l'architecture-sculpture. Leur conception architecturale se développe en parallèle avec l'avant-garde néerlandaise des années 1920 et c'est cette différence entre l'attitude cubiste ou néo-plasticiste et l'attitude expressionniste qui souligne la multipolarité de la fluidité architecturale du XX^e siècle. Même si Hermann Finsterlin est considéré un expressionniste organique, « le Darwin de l'architecture » (Pehnt, 1998, p. 153), notre chapitre sur l'architecture organique ne concerne pas son œuvre car elle est plutôt biomorphique que biomimétique. L'approche sculpturale de la continuité formelle caractérise les concepts de Finsterlin, ses dessins et maquettes constituant des inspirations pour les représentants de l'architecture-sculpture, comme André Bloc. Pour cette raison, en suivant la réflexion de Michel Ragon¹⁶, nous considérons Hermann Finsterlin comme un précurseur de l'architecture-sculpture. L'ondulation formelle et la souplesse de la ligne, qui caractérisent l'architecture de Finsterlin, décrivent la « tendance la plus extrémiste vers une architecture sculptée » (Conrads, Sperlich, 1960, p. 36). Inspirées par le monde naturel, ses formes expriment « les montagnes en spirale, les moulins sur des torrents, les colonies de champignons, les bancs de moules, les coraux, les coquilles d'escargot, les peignes ondulés » (Pehnt, 1998, p. 154) dans un univers ludique et fantastique.



Source : Sharp, 1966, p. 102-103

Figure 5. Hermann Finsterlin : les maquettes de la Maison du Dieu, 1918 (à gauche) et de la Casa Nova, 1921 (à droite).

L'approche sculpturale de la continuité formelle, révélée par la tendance sculpturale devient, comme dans le cas de Finsterlin, une « fusion organique incalculable » de formes hybrides¹⁷. Il qualifie ses projets comme des types formels élémentaires qui se trouvent « à mi-chemin entre

¹⁶ « Parmi les architectures-sculptures, Hermann Finsterlin est, autant que le facteur Cheval et Gaudi, un précurseur, avec ses études de 1919-1920 pour une Casa Nova outrageusement baroque » (Ragon, 1963, p. 111).

¹⁷ Hermann Finsterlin différencie trois époques en architecture : l'« époque coordonnée », fondée sur la composition de volumes géométriques simples en structures proportionnées, l'« époque géométrique et trigonométrique », dans laquelle les volumes simples sont décomposés et recomposés après en structures complexes et proportionnées et l'« époque organique » dans laquelle l'utilisation intuitive de formes hybrides conçoit une « fusion organique incalculable » (Sharp, 1966, p. 100).

le cristal et l'amorphie » (Conrads, Sperlich, 1960, p. 147). Parmi ces projets, la « Maison du Dieu » [1918], la « Maison des Atlantes » [1919], les trois études pour « Casa Nova » [1919-1920], l'étude pour une université [1918], pour un lycée technique [1924] ou pour une maison studio [1925] attestent la conception amorphe, fondée sur la déformation des « formes pures ». La fluidité est évoquée par le dynamisme de la courbure, par la force de la torsion, par l'inflexion sculpturale de la forme, par la « pulsion créatrice capable d'engendrer des créations naturelles hybrides » (Pehnt, 1998, p. 155). Rapportée à la fluidité de De Stijl, suggérée par l'explosion du volume en différents plans rectangulaires et par la dissolution des limites construites, la fluidité architecturale d'Hermann Finsterlin est présente par des volumes compacts, tordus, qui ressemblent à des « masses » fondues ou surprises en mouvement. La complexité formelle accuse la difficulté de reconnaître les « formes pures » initiales, avant d'être déformées. Pli après pli, la fluidité lourde et visqueuse du Baroque revient dans les concepts de Finsterlin sous une forme plus féérique et lyrique.

Quant à Frédéric Kiesler, sa « Maison sans fin » (*Endless House*), contribue pendant presque quatre décennies à un discours sur l'évolution permanente de la forme par une « construction coque en tension continue » (Sonzogni, 2003b, p. 51). Cette évolution formelle n'est pas due à la flexibilité de la maison, mais plutôt au fait qu'elle n'a jamais été construite et donc, le prototype a eu une multitude de variantes. A travers sa recherche sur les techniques et les matériaux par lesquels ce projet est construit, il développe une méthode empirique de conception. Puisque la

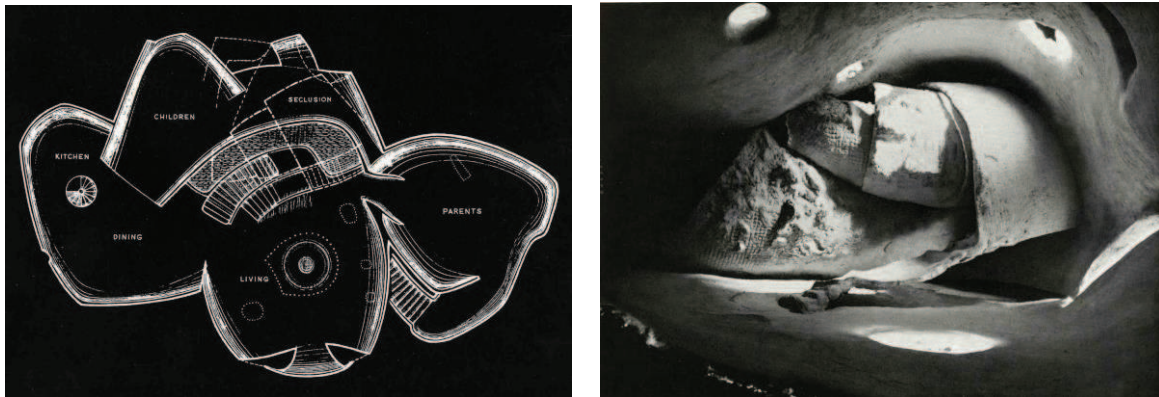


Source : Conrads, Sperlich, 1960, p. 71

Figure 6. La maquette de la Maison sans fin, vue extérieure, Frédéric Kiesler, 1959.

recherche de Kiesler sur la « Maison sans fin » a duré presque quarante ans, nous la considérons à la fois comme un précurseur de l'architecture-sculpture et un exemple d'architecture visionnaire¹⁸. La *Endless House* incarne « la coordination d'éléments/forces/tensions hétérogènes dans un continuum spatial "interminable" » (Bogner, 1999, p. 102) et constitue une des premières tentatives d'intégrer la continuité infinie.

Selon Kiesler, ce projet évoque la fluidité formelle¹⁹ par son caractère *corréaliste*²⁰. Néanmoins, il le considère comme une « architecture-sculpture » du point de vue plutôt constructif que formel, grâce à son intuition « que la recherche sur les matériaux et l'évolution des techniques de construction permettraient de réaliser sa Endless House » (Sonzogni, 2003b, p. 53).



Source : Conrads, Sperlich, 1960, p. 70-71

Figure 7. La Maison sans fin : plan et vue intérieure, Frédéric Kiesler, 1959.

Pendant plusieurs décennies, la forme de la maison se transforme : elle évolue d'une « forme géométrique parfaite du sphéroïde » à une « forme de rein », influencée par « l'orientation de Kiesler vers des formes biomorphes ». Cette métamorphose est expliquée par son concept *Time-Space-Architecture*, introduit dans les années 1930, comme « la transformation dans le temps de la grandeur et de la forme des pièces selon les besoins » (Bogner, 1996, p. 172- 173). Voilà une autre interprétation du dynamisme des années 1920 : le temps est employé comme un élément capable d'influencer le volume en forme et dimension et non comme l'expression de la quatrième dimension.

¹⁸ Un prototype à l'échelle 1/1 de la « Maison sans fin » a été présenté à l'exposition « Visionary Architecture », ouverte à MoMa de New York en septembre 1960 (Neder, 2004, p. 126).

¹⁹ « La construction-coque aux formes fluides de la Endless House n'est ni une chimère sculpturale ni l'imitation d'un œuf. La forme sphéroïdale dérive de la dynamique sociale de deux ou trois générations vivant sous un même toit » (Sonzogni, 2003b, p. 50).

²⁰ En 1947, Frédéric Kiesler rédige le « Manifeste du Corréalisme ». Il explique ce nouveau terme : « Ce que nous appelons "formes", qu'elles soient naturelles ou artificielles, ne sont que les lieux d'échange visibles des forces d'intégration et de désintégration mutant à faible vitesse. La Réalité est constituée de ces deux catégories de forces qui interagissent constamment à travers des configurations visibles et invisibles. J'appelle cet échange de forces interactives la Co-Réalité, et la science des lois de ces relations le Corréalisme. Le terme de « corréalisme » exprime la dynamique de l'interaction continue entre l'homme et ses environnements, naturel et technologique » (Kiesler, 1996, p. 81).

Nous devons d'abord préciser la contradiction entre son discours architectural et les prototypes construits : il propose un discours par lequel la forme est dépendante du temps, mais en réalité, une fois réalisé, le volume devient immuable. Cette évolution formelle (théorique) est possible grâce au fait qu'elle n'a jamais été construite et donc, les différents prototypes proposés ont permis une multitude de variantes. La dynamique formelle, par ses géométries arrondies et incurvées, n'est pas fondée sur une approche mathématique, mais sur une approche empirique qui souligne d'un côté la synthèse entre architecture, sculpture et peinture et de l'autre côté l'importance de la technique de construction dans le développement architectural. Kiesler introduit la fonction « dynamique proprio-spatiale », qui caractérise le « profil aérodynamique » du volume. Ce profil aérodynamique devient « une force organique en raison du rapport établi avec l'équilibre dynamique du corps mouvement au sein de l'espace qu'il englobe » (Sonzogni, 2003b, p. 52). En fait, la dimension temporelle est « traduite » par une forme, un « profil aérodynamique », une « unité moulée sous pression »²¹ qui facilite la construction.

La fluidité architecturale, comme dans l'architecture d'avant-garde années 1920, est soulignée par l'expression dynamique et la continuité formelle. Même si dans ce projet la continuité vise la forme « sans fin », elle ne concerne pas la non-orientabilité : la continuité de l'espace intérieur et extérieur n'implique pas la transformation des deux surfaces (intérieure et extérieure) en une seule (mono-surface). L'inspiration de ce projet jamais construit ne se trouve pas dans la complexité mathématique des géométries non euclidiennes, mais dans l'espace libre de la caverne surréaliste²². Le travail sur la matière et la réalisation des prototypes selon un discours architectural « corréaliste » transpose la recherche formelle de l'état de sculpture (comme l'approche mathématique de la continuité par les œuvres d'Antoine Pevsner ou Naum Gabo) à un état d'architecture-sculpture, intégré au champ des cultures constructives²³ : « Il serait ainsi erroné de lire l'architecture-sculpture sous l'angle réducteur de l'analogie formelle. C'est une volonté de transversalité des pratiques qui l'anime, qui se singularise non seulement par ses formes mais aussi par les techniques auxquelles ces architectes eurent recours [...] » (Cinquatre,

²¹ Frédéric Kiesler explique la méthode de construction : « une unité moulée sous pression – pas une partie moulée sous pression de toit, de sol, de mur ou de colonne, mais une unité continue dépassant la division de quatre (colonne, toit, sol et mur). J'appelle une telle construction "coque-monolithe". [...] La construction coque-œuf est l'exemple le plus superbe que l'on connaisse d'une résistance maximale à l'effort interne et externe avec un minimum de longueur » (Sonzogni, 2003b, p. 52).

²² « Aujourd'hui, Kiesler demande pourquoi nous ne vivrions pas dans une maison construite comme un espace libre, une maison sans ligne droite et sans angle vif ! [...] Pourquoi pas, après toutes ces maisons de verre, ne pas laisser la famille se glisser dans une caverne et s'y retrouver entre elle, à la manière dont nos ancêtres se réfugiaient dans des forts édifiés en blocs de pierre ? » (L'Endless House, Extrait de Architectural Forum, novembre 1950, 1996, p. 191).

²³ Le champ élastique des cultures constructives est fondé sur trois axes : sur le premier axe se focalise sur le matériau « dans son acception large, usuelle », le deuxième axe « met en perspective les savoirs et les manières relativement à ce qui touche au chantier, et plus globalement à la production », tandis que le troisième axe vise le discours architectural, « la poudreuse conceptuelle des innombrables formes de rationalisation où la construction trouve à se justifier, à se légitimer » (Potié, Simonnet, 1992, p. 11).

Giard, Vernant, et al., 2008, p. 9). Dans ce cas, la fluidité ne concerne pas uniquement l'architecture, mais aussi les matériaux et les techniques de constructions, qui influencent la décision formelle. L'architecture visionnaire de *l'Endless House* constitue le début de l'architecture-sculpture développée pendant les années 1950-1960.

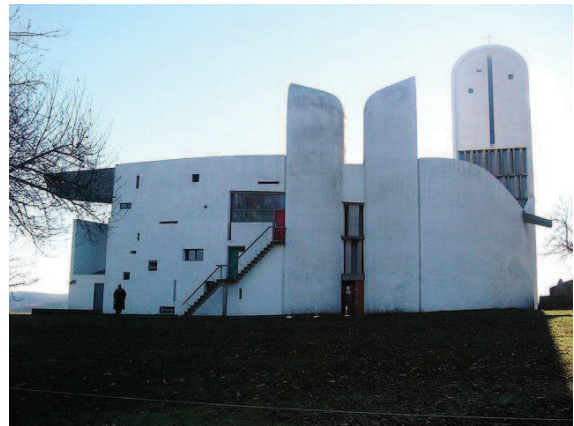
Les concepts d'Hermann Finsterlin et de Frédéric Kiesler soulignent les deux types de dynamisme, le dynamisme par mouvement et le dynamisme par courbure, développés en parallèle pendant les années 1920-1930. La fluidité architecturale, analysée par les deux chapitres « La conception architecturale moderne » et « La continuité formelle », est évoquée par les deux types de dynamisme. Contrairement à l'explosion de De Stijl, la tendance sculpturale de l'architecture de Finsterlin et Kiesler exprime les tensions concentrées à l'intérieur du bâtiment : les limites ne sont plus dissoutes, mais elles sont « sculptées » dans la masse. La relation intérieur-extérieur est presque inexistante, l'espace intérieur se fluidifie grâce à la forme, sans être « expulsé » à l'extérieur.

5.2.b) Le Corbusier et la Chapelle Notre-Dame-du-Haut à Ronchamp

Dans le chapitre précédent nous avons analysé la villa Savoye de Le Corbusier comme un exemple du dynamisme architectural par sa conception spatiale. En suivant les précurseurs de l'architecture-sculpture, la chapelle Notre-Dame-du-Haut [1953-1955] évoque la fluidité architecturale aussi bien par sa forme que par son atmosphère intérieure. Cette atmosphère sera analysée dans le chapitre suivant. En 1980, Danièle Pauly associe la chapelle de Ronchamp à une architecture-sculpture, où le caractère sculptural, comme dans la conception de Kiesler, est souligné par l'emploi du béton comme matériau de construction. Afin d'exprimer la plasticité volumétrique, le béton offre des possibilités multiples²⁴. La « dualité » des formes, révélée par l'antagonisme entre la « solidité, le statisme, la massivité des trois tours » et le « dynamisme, l'impétuosité, l'audace de la nacelle du toit », souligne la diversité des expressions plastiques en béton (Pauly, 1980, p. 111). La fluidité architecturale est évoquée par l'ondulation des murs et par la courbure du toit, mais le volume ne présente pas la même inflexion que l'architecture lyrique d'Hermann Finsterlin ou la « Maison sans fin » de Kiesler. Contrairement aux projets des deux précurseurs de l'architecture-sculpture, ce projet n'est pas pensé uniquement selon des critères formels mais il est aussi rapporté aux proportions humaines : la hauteur est calculée selon le « Modulor » (Cousin, Bouviers, 2005, p. 54).

²⁴ Le Corbusier explique son choix d'utiliser le béton pour la construction de la chapelle : « J'ai employé du béton brut. Résultat : une fidélité totale, une exactitude parfaite au moulage, le béton est un matériau qui ne triche pas... le béton brut dit : "je suis du béton" » (Cousin, Bouviers, 2005, p. 50).

Une comparaison entre la villa Savoye et la chapelle Notre-Dame-du-Haut pourrait être favorable pour différencier les deux approches architecturales de la fluidité. La villa Savoye est un exemple de dynamisme formel comme résultat du mouvement ascensionnel par la rampe (la diagonale) et par l'escalier. L'architectonique de la chapelle exprime ce dynamisme par les « jeux de courbes, de contre-courbes et d'obliques, formes ventruées, gonflées, ouvertes sur le paysage environnant » (Pauly, 1980, p. 110), le mouvement ascensionnel étant remplacé par le « chemin initiatique naturel » de la colline (Cohen, Fondation Le Corbusier, 2011, p. 75). Pour ce qui est du temps, il constitue la dimension essentielle afin de comprendre la complexité architecturale des deux bâtiments. Les deux bâtiments se trouvent isolés dans le paysage, leur positionnement accusant le caractère sculptural. La compréhension de l'architecture, selon Le Corbusier, impose la « promenade architecturale » comme la quatrième dimension du bâtiment : « Des formes sous la lumière. Dedans et dehors, dessous et dessus [...] Dehors : on approche, on voit, on s'intéresse, on s'arrête, on apprécie, on tourne autour, on découvre. [...] Ce sont des centaines de perceptions successives qui font sa sensation architecturale. C'est sa promenade, sa circulation qui vaut, qui est motrice d'événements architecturaux. Par conséquent le jeu joué n'a pas été établi sur un point fixe, central, idéal, rotatif et à sa vision circulaire simultanée » (Cousin, Bouviers, 2005, p. 12). Le parcours, introduit par la villa Savoye, comme élément fondamental par lequel l'architecture est découverte se conserve dans le concept de la Notre-Dame-du-Haut.



© Le Corbusier (architecte) ; Rory Hyde (photo)

Source : flickr.com/photos/roryrory/2500990595 ; flickr.com/photos/roryrory/2501817884

Figure 8. La chapelle Notre-Dame-du-Haut, Ronchamp, Le Corbusier, 1953-1955.

Selon les deux cas, la fluidité est présente d'une manière différente : si villa Savoye souligne le mouvement et la diagonale comme expressions du dynamisme, la chapelle Notre-Dame-du-Haut met en évidence la courbure comme dimension architecturale dynamique. Ces deux projets de Le Corbusier, à vingt ans d'écart l'un de l'autre, sont de plusieurs points de vue très différents, mais en ce qui concerne le sujet de cette thèse, les deux présentent un degré de fluidité. Même

si l'expression fluide diffère, celle-ci peut être considérée comme un lien alternatif entre les deux ouvrages.

5.2.c) L'architecture-sculpture

Après la définition de l'architecture-sculpture et de la sculpture-architecture de Michel Ragon en 1963, le rôle des sculpteurs en architecture est analysé en 1964 par Leonardo Ricci, Roger Bordier ou Pierre Joly dans leurs articles de la revue *L'Architecture d'Aujourd'hui*. Leonardo Ricci explique les accents sculpturaux de la forme architecturale comme des éléments vivants et non comme des réactions anarchistes. L'espace « n'est pas celui mort et statique, des schémas formels, des modules », tandis que la forme sculpturale dépend toujours de la matière²⁵ et de la technique de construction. Celle-ci n'est pas gratuite ou conçue au hasard, mais elle peut être modifiée, corrigée ou variée « là où ce n'est pas vrai » (Ricci, 1964, p. 88). Pierre Joly considère la tendance architecturale des années 1950-1960 comme le résultat de l'implication de quelques sculpteurs à la recherche architecturale. Ce phénomène « tient tout d'abord à une évolution propre à la sculpture elle-même » (Joly, 1964, p. 98). Si Antoine Pevsner et Naum Gabo expriment la forme comme une surfaces mathématique développable en nylon, métal ou bois, les artistes de l'École de Nancy recherchent « de nouvelles formes, à la fois plastiques et constructives, dans le matériau nouveau de l'époque, le béton » (*Ibid.*, 1964, p. 98). Contrairement à Leonardo Ricci, Pierre Joly associe la nouvelle tendance au baroque, grâce au « retour en force de l'imaginaire, de l'irrationnel dans la sculpture et l'architecture contemporaines ». Pour ce qui est de la fluidité, nous considérons valide la comparaison de Joly entre l'esthétique de l'architecture-sculpture et le langage baroque, mais uniquement en ce qui concerne l'architecture de Borromini ou Guarini car le pli, l'expression fluide de leur architecture baroque, caractérise aussi l'approche sculpturale de la continuité formelle. Outre le pli, l'expression fluide de l'architecture-sculpture des années 1950-1960 s'exprime, selon Pierre Joly, comme une réaction à « l'architecture fonctionnelle, brutale, rigide et impersonnelle issue du cubisme et de Mondrian » (*Ibid.*, 1964, p. 98). Cette définition souligne à nouveau le caractère élastique de la fluidité, qui couvre à la fois l'explosion spatiale omnidirectionnelle et la fracturation du volume dans les concepts de Mondrian et Theo van Doesburg et l'inflexion, la courbure et la continuité formelle des projets d'André Bloc, Chanéac, Pascal Häusermann, Daniel Grataloup, Antti Lovag, Vittorio Giorgini ou Pierre Székely.

²⁵ Leonardo Ricci définit la forme en architecture comme « la conséquence naturelle ; logique, d'une pensée qui se fait espace, plasma, d'une structure cohérente de la matière » (Ricci, 1964, p. 88).

Les « sculptures habitacles » d'André Bloc

En 1951, André Bloc et le peintre Félix Del Marle, le représentant du néoplasticisme en France, fondent le Groupe Espace, orienté vers une analyse de la détermination spatiale. La décomposition et la recomposition architecturale du groupe De Stijl sont traduites par « l'"élémentarisation", décomposition de toute pratique en des termes premiers, et par "l'intégration", qui permet de composer ces éléments sans hiérarchie » (Migayrou, 1996, p. 5). Outre les concepts de la composition architecturale, André Bloc emprunte au discours architectural du début du XX^e siècle l'architecture plastique de Theo van Doesburg, interprétée comme la « synthèse des arts »²⁶. Cette synthèse des arts est matérialisée à la fois par des compositions d'éléments préfabriqués et par ses « sculptures habitacles » [1960-1964], qui soulignent la fusion de la masse, en conservant son « parcours spatio-temporel » (Cinquialbre, Giard, Vernant, et al., 2008, p. 34). Puisque les exemples des sculptures-habitacles sont isolés dans le paysage, le parcours constitue, comme dans le cas de la villa Savoye ou de la chapelle de Ronchamp de Le Corbusier, l'élément essentiel pour la compréhension de la complexité compositionnelle et spatiale.

La fluidité des « sculptures habitacles »²⁷ d'André Bloc est évoquée par leur complexité formelle, leur continuité intérieur – extérieur et leur « rythme de volumes hardiment multipliés, aux courbes répétées » (Bordier, 1964, p. 97). Après des projets en métal par lesquels Bloc continue les recherches de Pevsner et Gabo, comme la sculpture « Sans titre » en zinc et cuivre [1960], les « sculptures habitacles » en plâtre constituent « une expérimentation plastique de l'« espace, qui redéfinit la notion de l'habitat » (Brayer, Ragon, Migayrou, et al., 2013, p. 144).



© André Bloc (architecte) ; Rory Hyde (photo)

Source : flickr.com/photos/roryrory/2500990595 ; flickr.com/photos/roryrory/250181788

Figure 9. Sculpture habitacle N° 2 à Meudon, André Bloc, 1964.

²⁶ La « Synthèse des arts » est aussi le titre manifeste d'un numéro spécial de la revue *l'Art d'Aujourd'hui*.

²⁷ André Bloc explique le concept de la sculpture habitacle : « J'ai laissé pénétrer l'air et la lumière par des cheminements simples et complexes. La sculpture habitacle est, dans une certaine mesure, caractérisée par une continuité de la plastique extérieure et intérieure avec un système d'interpénétration et d'occupation de l'espace multipliant les rapports, les contrastes et les jeux de volume » (Cinquialbre, Giard, Vernant, et al., 2008, p. 34).

Contrairement à son projet « Pavillon de plâtre » [1965], où il emploie le dynamisme par fracturation formelle, celles-ci constituent des volumes troués, qui soulignent la continuité formelle et interrogent la limite intérieur-extérieur. La dimension topologique²⁸ des sculptures habitacles ne révèle pas, comme le ruban de Moebius ou la bouteille de Klein, un aspect strictement mathématique, mais plutôt le caractère sensible, poétique et libre de l'expression architecturale²⁹. Une différence fondamentale entre l'approche mathématique des sculptures de Pevsner et Gabo et les sculptures habitacles de Bloc est exprimée par l'objectif recherché : l'approche mathématique suppose plutôt la topologie de la surface, de la forme, tandis que Bloc s'intéresse à la topologie de l'espace. La forme est une résultante structurelle de cette approche spatiale³⁰. Même si le caractère mathématique ne définit pas ces projets de Bloc, la liberté formelle « ne se veut pas ennemie de la technicité et cherche là, au contraire, son dialogue avec l'humain » (Bordier, 1964, p. 97).

L'architecture des sculptures habitacles supposent des masses surprises dans un processus de fusion, par lequel elles se « fluidifient ». Les formes perforées imaginées par André Bloc sont matérialisées non seulement par des maquettes, mais aussi par des prototypes grandeur nature, qui permettent l'expérimentation spatiale des concepts architecturaux. La fluidité n'est pas évoquée par des compositions dissoutes d'éléments séparés et indépendants, comme le *Counter-compositions* de Theo van Doesburg, mais par des volumes lourds et visqueux, inspirés par la « Maison sans fin » de Frédérick Kiesler.

L'« architecture du geste » de Daniel Grataloup

L'architecte français Daniel Grataloup développe des formes souples en béton projeté, comme une alternative aux boîtes préfabriquées modernes. Son architecture devient une courbure continue, asymétrique, qui s'inscrit harmonieusement pas uniquement dans le paysage naturel, où « rien n'est rectiligne ni symétrique », mais également dans le paysage urbain du XXI^e siècle car la nouvelle technique nous permet « de revenir à la souplesse, à la liberté, à l'indéterminé de la vie » (Grataloup, 1986, p. 26). L'« architecture du geste » est définie comme une architecture

²⁸ Selon Frédéric Migayrou, « les sculptures habitacles développent un "espace topologique" qui échappe à la définition de l'espace géométrique et rationaliste » (Brayer, Ragon, Migayrou, et al., 2013, p. 142).

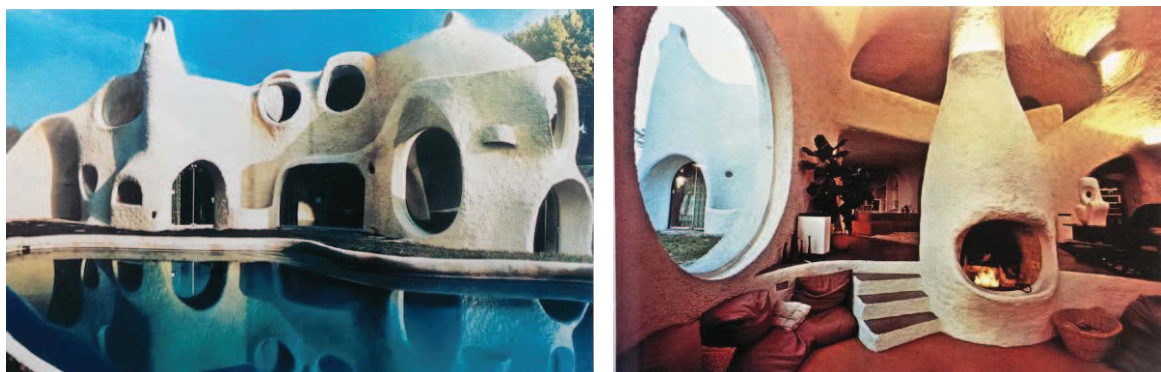
²⁹ André Bloc ne refuse pas l'apport des mathématiques en architecture, même au contraire, il considère impérative l'« audace conjugée de l'architecte et de l'ingénieur » afin de trouver la forme : « Le monde de la construction qui s'est enrichi de nouveaux volumes tels que paraboloides, hyperboloides, peut utiliser les coques et les voiles minces, se servir de volumes variés issus de surfaces réglées ou de surfaces tendues supportées par des câbles [...]. C'est à l'architecte qu'il appartient de découvrir les formes, de les mettre en bonnes relations selon son programme » (André Bloc 1896-1966, 1966).

³⁰ « Il s'agit moins d'un travail sur la forme que d'une recherche sur la coexistence de différentes qualités d'espace. La forme est toujours structurelle [...] » (Migayrou, 1996, p. 6).

avec un aspect sculptural, conçue à partir de l'« espace interne habitable ». Celui-ci incarne la vie, le mouvement et le dynamisme par le refus des angles, par l'inflexion des lignes et par la continuité volumétrique³¹. Grataloup imagine une architecture totale qui, par l'intégration du mobilier « aux volumes par l'espace habitable », devient une « architecture-sculpture-poésie de la lumière » (*Ibid.*, 1986, p. 25). La « poésie de la lumière » se réfère à la « modulation subtile » de la lumière, à son « glissement » sur les surfaces courbes et ininterrompues, en déterminant une fluidité laminaire, sereine et uniforme, sans grands contrastes de lumière et ombre.

La fluidité de l'« architecture du geste » est une fluidité figée, une masse presque fondue, surprise au cours de sa fusion. Puisque Grataloup considère les structures idéales comme « la cristallisation des lignes de force engendrées par les circulations et les gestes », cette fluidité peut être paradoxalement exprimée par la « solidification des mouvements » (*Ibid.*, 1986, p. 25). Les lignes de force, présentes dans le discours de l'avant-garde du début du XX^e siècle, sont différemment interprétées par les concepts de Grataloup : si De Stijl les métaphorise par un dynamisme explosif et les matérialise en un volume dissout, qui permet la continuité spatiale intérieur-extérieur, l'architecte français les traduit par un écoulement formel, présent aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur, matérialisé en un volume continu, compact, où le dialogue spatial intérieur-extérieur n'existe plus.

Les limites construites « forcent » l'espace à s'écouler uniquement à l'intérieur du bâtiment, parmi des éléments solides, tordus et infléchis. En ce qui concerne l'idée de légèreté, il existe une contradiction entre le discours architectural de Grataloup et la perspective de la fluidité : grâce aux calculs appliqués à des matériaux, Grataloup considère son « architecture du geste »



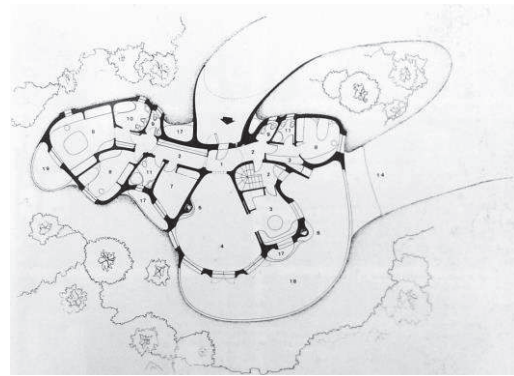
Source : Grataloup, 1986, p. 34-41

Figure 10. Maison à Anières, Canton de Genève, Suisse, Daniel Grataloup, 1972.

³¹ « [...] les lignes et surfaces qui définissent notre vie quotidienne sont courbes et dissymétriques. Oui, la souplesse et la liberté de vie se traduisent par des courbes, c'est-à-dire par des lignes plus ou moins tendues, où ne se rencontrent aucun angle et qui déterminent sur le plan et dans l'espace des surfaces et des volumes non réguliers » (Grataloup, 1986, p. 25).

extrêmement légère et ouverte³², tandis que du point de vue de la fluidité figée, elle devient une masse visqueuse et lourde, surprise dans un volume sans début ni fin, perforé ponctuellement par des ouvertures irrégulières.

Par rapport à André Bloc, Daniel Grataloup réalise non seulement des « sculptures habitacles », mais des « sculptures habitables » (Habitation-sculpture pour un artiste, en 1969, Projet d'une sculpture habitable en Grèce, en 1977). Ses projets de villas, à Anières (à douze kilomètres de Genève) en 1972, à Grand-Saconnex en 1974, à Conches (à trois kilomètres du centre de Genève) ou à Lissieu (près de Lyon) en 1976, constituent des exemples concrets qui soulignent la dimension pratique, habitable de ces sculptures. L'œuvre de Grataloup, caractérisée par le même type de fluidité que les « sculptures habitacles » de Bloc, introduit l'élément le plus important de l'architecture : la dimension humaine.



Source : Grataloup, 1986, p. 60-61

Figure 11. Maison de Lissieu, Daniel Grataloup, 1976.

L'architecture ovoïde de Pascal Häusermann et Antti Lovag

Antti Lovag et Pascal Häusermann sont deux architectes qui s'intéressent aux possibilités plastiques du béton, notamment à la technique du béton projeté. Parallèlement aux *Domobiles*, Häusermann réalise plusieurs bâtiments en voile de béton armé sans coffrage, étant le premier architecte en France qui utilise cette technique. Du point de vue de la fluidité, le restaurant et le centre de loisirs « Balcon de Belledonne » [1966] près de Chambéry et sa maison personnelle à Minzier [1968] en Haute-Savoie constituent les projets les plus importants. La maison Minzier est une hybridation entre la ruine d'un ancien presbytère en pierre et les nouvelles formes irrégulières en béton. Le contraste entre les murs rectangulaires existants et la fluidité lourde des formes infléchies souligne le caractère sculptural de l'architecture. Pour ce qui est du

³² « A ces notions d'architectures massives, bien enracinées, parfois aveugles, écrasantes, imposantes par leur épaisseur, leurs matières et leur poids, nous opposons depuis quelque temps déjà une architecture de plus en plus aérienne, ouverte, légère, cristalline, lumineuse, défiant la pesanteur [...] » (*Ibid.*, 1986, p. 16).

« Balcon de Belledonne », cet aspect sculptural formel est réalisé par l'« l'interpénétration d'espaces ovoïdes » et par la composition de différents modules, comme un « agrégat cellulaire », chaque « cellule » représentant une certaine fonction (Cinquandre, Giard, Vernant, et al., 2008, p. 54).

Quant à l'architecte Antti Lovag, son discours architectural est similaire au discours de Grataloup. Le refus des angles et l'adoption des formes courbes constituent le résultat du jeu « habitologique »³³, car il se considère plutôt comme un « habitologue » qu'un architecte. Similairement à Grataloup, qui matérialise par ses bâtiments les lignes de force courbes, engendrées par les circulations et les gestes, Lovag pense l'habitant comme l'élément central de ses concepts car « le corps humain en se déplaçant dans l'espace naturel inscrit autour de lui un monde de formes courbes » (*Ibid.*, 2008, p. 66). Ainsi, comme Einstein le révèle dans sa théorie de la relativité générale, la courbure fait partie de la vie, en caractérisant l'univers entier. Cette idée de l'universalité de la courbure, en relation directe avec l'habitant, est matérialisée par le « Palais Bulles » [1979-1993] à Théoule-sur-mer.



© Antti Lovag (architecte) ; Niklas Morberg (photo)

Source : flickr.com/photos/morberg/3681617651

Figure 12. Palais Bulles, Théoule-sur-mer, Antti Lovag, 1979-1993.

³³ Antti Lovag définit le jeu « habitologique » comme des « combinaisons possibles de formes, qui varient en fonction du site et des aspirations des habitants » (Brayer, Ragon, Migayrou, et al., 2013, p. 392).

Le concept est similaire au « Balcon de Belledonne », mais à une échelle plus large : plusieurs coques ovoïdes autoportantes qui « se contrebutent entre elles » et qui sont « reliées par des couloirs de forme courbes » (Brayer, Ragon, Migayrou, et al., 2013, p. 392). Le concept volumétrique est fondé sur la libération spatiale et géométrique, où la distinction entre murs, sol et toiture est supprimée et la continuité formelle est assurée par des formes continues aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur. A l'intérieur, les concavités et les convexités solides déterminent un espace topologique, où « les perspectives intérieures non linéaires créent [...] une impression de variété inépuisable » (*Ibid.*, 2013, p. 392). La fluidité figée lourde formelle est évoquée par la composition de « gouttes » ovoïdes de différentes dimensions, intégrée au paysage naturel.

En ce qui concerne la fluidité architecturale, il existe une différence majeure entre l'architecture ovoïde d'Häusermann et son architecture mobile (les « Domobiles »). La question de la mobilité a déjà été analysée dans le chapitre précédent. Les « modules », les coques elles-mêmes, indifféremment de leur forme de base, ne suggèrent pas la fluidité architecturale. Elle est plutôt évoquée par la composition amorphe de plusieurs « cellules habitables » déformées, qui souligne non seulement l'unicité de chaque projet, mais aussi le caractère sculptural de l'architecture.

5.3. L'approche contemporaine de la continuité formelle

La différence entre l'approche mathématique et l'approche sculpturale ne se trouve pas uniquement dans le calcul géométrique ou analytique du volume, mais aussi dans la manière de penser l'architecture comme une masse ou comme un ensemble d'éléments. Si nous prenons le tore comme exemple, il peut être pensé soit comme un volume taillé d'une masse monolithe, un tube courbé et refermé sur lui-même, soit comme une surface rectangulaire transformée en une surface topologique orientable de genre 1. Pour cette raison nous considérons les sculptures cinétiques de Gabo et Pevsner comme des surfaces mathématiques, tandis que les sculptures habitables de Finsterlin, Kiesler ou André Bloc constituent des cavernes creusées dans une masse. Les deux approches expriment la fluidité architecturale par une continuité formelle et spatiale, par la fusion d'une masse solide dans une matière en mouvement.

L'éclectisme architectural contemporain imbrique les deux approches, en résultant une architecture plus complexe non seulement du point de vue formel ou spatial, mais aussi du point de vue du discours architectural. Si Frank O. Gehry continue la direction sculpturale, mais d'une manière plus complexe, les architectes comme Greg Lynn ou Bernard Cache construisent leur

esthétique selon un discours fondé sur des algorithmes mathématiques. La liberté formelle actuelle, issue de l'ère numérique, se matérialise très souvent en concepts justifiés par l'inspiration du monde biologique, par les références mathématiques ou par les approches numériques. La continuité formelle devient l'incontournable de l'architecture contemporaine.

5.3.a) La fluidité comme l'élégance d'une architecture exubérante

Les termes d'élégance et exubérance désignent, en 2007 et en 2010, les titres des deux numéros de la revue *Architectural Design*, par lesquels le caractère de l'architecture contemporaine est recherché. Les lignes incurvées et la continuité formelle qui définissent l'architecture actuelle constituent les raisons pour lesquelles, dans ce chapitre, nous avons choisi ces deux termes en tant que références de la fluidité.

L'exubérance architecturale contemporaine se réfère à une complexité formelle, presque ornementale, associée souvent au caractère opulent baroque. Dans son article « Exuberance and digital virtuosity », Marjan Colletti explique le terme d'exubérance comme « l'ambition d'établir des conditions au-delà de l'habituel, du connu, du rationnel, de l'évident et du simple »³⁴. Ce goût pour l'abondance baroque, réinterprétée par les moyens techniques actuels (CAD/CAM), se matérialise en une hybridation entre l'architecture et la sculpture, similaire à la tendance des années 1950-1960. Cette approche sculpturale exubérante de l'architecture contemporaine est soulignée par l'architecte Yaël Reisner comme « la peau cohérente et continue », la recherche de la profondeur spatiale, opposée à la surface topologique (Reisner, 2010, p. 39). En ce qui concerne la fluidité, cette différenciation n'est pas valable, c'est-à-dire que les surfaces topologiques apportent aux volumes architecturaux « sculptés » un caractère fluide, fondé sur la perception³⁵ de la continuité formelle. Selon Reisner, l'architecture exubérante est un phénomène sporadique à travers le dernier siècle, où l'abondance formelle de l'expressionnisme allemand revient dans l'architecture déconstructiviste. Aujourd'hui, l'exubérance est « plutôt liée au résultat qu'au processus, technique ou technologie » (*Ibid.*, 2010, p. 38). Selon Henan Diaz Alonso, ce résultat est basé, contrairement à Reisner, sur « la mutation des formes » et sur « les topologies excessives », qui deviennent des stratégies formelles. Les stratégies de manipulation de la forme définissent une « nouvelle conception de la beauté » qui invoque plutôt le laid et l'horrible que le sens classique du Beau (Diaz Alonso, 2010, p. 73). Les nouvelles

³⁴ « The celebration of exuberance defines an architecture that begins where common sense ends. [...] Common sense becomes the experiment; beauty becomes the sublime, the grotesque, the blissful; the digital becomes the experiential; the anecdotal, the non-techy and non-geeky » (Colletti, 2010, p. 10).

³⁵ Les espaces et les surfaces topologiques sont étroitement liés à la perception. Par définition, le vocabulaire topologique est concentré sur des notions comme : limite, voisinage, continuité.

formes grotesques font partie de l'« architecture intentionnelle », plus décorative et ornementale, qui ne prend pas en compte l'échelle humaine mais qui est précisément déterminée³⁶.

Dans ce contexte architectural, construit sur une complexité formelle excessive, « exubérante », et même monstrueuse, cette thèse propose la recherche des expressions fluides. Nous interrogeons l'existence d'une limite entre fluidité et exubérance, entre l'ordre classique et le chaos contemporain. Nous avons présenté le chaos comme une dimension fluide de l'architecture, comme un désordre apparent, qui accepte la variation, les paramètres et même le hasard, mais qui se développe dans le cadre d'un système ordonné. Est-ce que toutes les expressions chaotiques, grotesques et monstrueuses sont fluides ? Pour répondre à cette question, nous considérons l'« élégance » comme une expression possible de la fluidité architecturale contemporaine.

L'article de David Goldblatt « Lightness and Fluidity: Remarks Concerning the Aesthetics of Elegance » (« Légèreté et fluidité : Remarques concernant l'esthétique de l'élégance ») ou celui d'Ali Rahim et Hina Jamelle « Surface Continuity: An Elegant Integration » (« La continuité de la surface : une intégration élégante ») soulignent le rapport contemporain de dépendance entre la fluidité architecturale, la continuité formelle et l'élégance. Si Goldblatt associe indirectement la fluidité au dynamisme par la légèreté des corps en mouvement³⁷, Hani Rashid et Hina Jamelle décrivent l'élégance comme un élément étroitement lié à la complexité et à « la négociation et la modération de l'opulence visuelle » des compositions architecturales (Rahim, Jamelle, 2007a, p. 6).

Nous devons préciser la distinction entre la complexité et l'opulence, car les deux notions ne sont pas équivalentes. La complexité formelle peut être présente dans la géométrie du bâtiment et/ou dans la manière de penser le projet (l'architecture paramétrique est fondée sur le choix de différents facteurs selon lesquels la géométrie finale varie). L'opulence architecturale représente plutôt l'abondance formelle, où des éléments différents sont mis en relation par une transition

³⁶ « [...] in comparison to traditional methods, there is irony in the fact that I am using mathematically precise systems (scripting within animation software) to produce monstrosities and grotesque decorative forms. The work is mutant, an autonomous life-form that is beyond human control. This is architecture intentionally without people or scale, but rather it is much more an obsession for variation, or an obsession to create different little formal species » (Diaz Alonso, 2010, p. 77).

³⁷ « Things in motion tend to appear lighter than things that are static, thus elegance is often associated with a kind of fluidity, smoothness of surface and style. In the case of architecture, the appearance of lightness contrasts sharply with its own inert condition, as if in denial of its own weight ; the perception of lightness is the anti-gravitational illusion that architecture brings to its own reception » (Goldblatt, 2007, p. 12).

abrupte et brutale³⁸. La question de l'élégance de la complexité est aussi abordée par le philosophe Manuel DeLanda dans son article « Material Elegance ». Il attribue cette élégance à la complexité du comportement périodique des processus physiques, exprimée par les attracteurs³⁹ périodiques ou étranges, développés par le mathématicien Henri Poincaré à la fin du XIX^e siècle. Ces attracteurs constituent un « répertoire de singularités », une représentation des « variétés topologiques pour modéliser l'espace des solutions » (DeLanda, 2007, p. 21). La différence entre les attracteurs périodiques et les attracteurs étranges se trouve dans la dimension de l'espace des solutions (« l'espace de phase »). Les attracteurs périodiques contiennent des points (des singularités zéro-dimensionnelles), qui représentent l'état stable d'un processus, et des lignes (des singularités unidimensionnelles) courbées de manière à former une boucle fermée, qui figurent le comportement des processus rythmiques. La géométrie des attracteurs étranges est similaire au ruban de Moebius, et sa dimension se trouve à un état intermédiaire, entre bidimensionnel et tridimensionnel (*Ibid.*, 2007, p. 21). Selon DeLanda, les processus qui engendrent ce type de formes géométriques peuvent être utilisés par des artistes en tant que procédures de « form-finding » (la recherche formelle). Outre les plis et les fractales, nous considérons les attracteurs étranges comme une géométrie du chaos, une représentation d'un phénomène non-linéaire complexe. Outre sa dimension, un attracteur étrange est caractérisé par le nombre de paramètres de contrôle. Ces paramètres influencent la géométrie de l'attracteur, exactement comme dans l'architecture paramétrique : la forme finale varie selon les composants choisis. Pour cette raison nous considérons la complexité de l'architecture paramétrique comme l'expression de la fluidité architecturale.

L'élégance caractérise à la fois la complexité et la fluidité architecturale actuelle, non seulement esthétiquement mais aussi mathématiquement. La légèreté⁴⁰, la proportion (implicitement le rapport entre la partie et le tout)⁴¹ et notamment le développement des transformations graduelles entre les différentes caractéristiques formelles par des « surfaces raffinées » constituent les liens entre la fluidité et l'élégance. L'élégance ne se réfère pas uniquement aux

³⁸ « The formal opulence of a building is realised through the creation of a family of formal features that are distinctive, yet remain interrelated as they transform from one to another. In an elegant composition, each feature is endowed with differences, and the transformation between features is attenuated and gradual » (Rahim, Jamelle, 2007a, p. 9).

³⁹ L'attracteur étrange a déjà été expliqué dans le chapitre « Chaos, fractales et catastrophes comme expressions architecturales fluides ».

⁴⁰ « An exceptionally sophisticated integration of structure, systems and new materials may allow for the form to appear suspended, or possessed of a particular lightness. In terms of formal appearance, this lightness includes qualities of fineness and daintiness, determined within the multiple individual elements that constitute the building design » (Rahim, Jamelle, 2007a, p. 9).

⁴¹ « If the scale of the part is too diminutive in relation to the whole, or if the whole has too many smaller pieces, then the viewer may be overwhelmed and the potential of producing elegance is lost. When the relation of part to whole is attuned, elegant sensations – rather than chaotic ones – may be achieved at the point of transformation » (*Ibid.*, 2007a, p. 9).

formes incurvées, mais pour que la transition entre différents éléments formels du bâtiment soit douce, l'élégance est plus souvent associée aux raccords ondulés et fluides, en évitant les angles. Le contrôle et le raffinement de la technique deviennent impératifs pour « mouler des surfaces transformatives qui intègrent des caractéristiques topologiques nettement différentes » (Rahim, Jamelle, 2007a, p. 6). Selon Ali Rahim et Hina Jimelle, l'élégance de l'œuvre de Greg Lynn est « contenue dans la fluidité organisationnelle, spatiale et esthétique de ses projets » (Rahim, Jamelle, 2007b, p. 40). Ses volumétries, caractérisées par la « fluidité de la surface continue », s'expriment par des formes élastiques qui évoquent une approche *gestaltiste*⁴² de l'architecture.

En outre, Patrik Schumacher de Zaha Hadid Architects, dans son article « Arguing for Elegance » développe une nouvelle « théorie de l'élégance » de l'architecture contemporaine, différente de l'« élégance du minimalisme », qui associe cette notion à la capacité d'articuler des processus complexes afin de conserver la compréhension globale, la lisibilité et l'orientation continue de la composition (Schumacher, 2007). Selon Schumacher, l'élégance ne peut jamais être le résultat d'une « complication additive », mais plutôt le résultat d'une inflexion⁴³, principe de composition introduit par Trystan Edwards et interprété par Robert Venturi. Dans une composition complexe, l'élégance décrit le lien continu entre les parties et le tout car « les parties infléchies sont plus intégrées au tout que les parties non infléchies » (Venturi, 1992, p. 88). Du point de vue de l'élégance, l'inflexion, la médiation ou l'inter-articulation constituent les moyens par lesquels l'addition et la soustraction sont possibles. Ainsi, l'inflexion constitue la transition du Déconstructivisme au pliage (Schumacher, 2007). Cette idée résume la raison pour laquelle nous avons différencié le dynamisme par fracturation (la conception moderne) du dynamisme par continuité (la continuité formelle) afin de trouver différentes expressions de la fluidité.

Dans une architecture caractérisée par une complexité formelle, l'élégance, exprimée par l'inflexion géométrique, évoque la fluidité architecturale et décrit la limite entre fluide et monstrueux. Le pli, l'accent fluide de l'architecture baroque, est aujourd'hui multiplié et soumis aux différents processus de transformations afin de trouver un langage architectural nouveau, fondé sur des expressions formelles complexes.

⁴² « Distinguished by being inclusive, yet precise, [...] form integrates all the complexities of architecture in one continuously transforming project. The moods and the atmospheres generated within the work belie a sense of elegance that is greater than the sum of its component parts » (Rahim, Jamelle, 2007b, p. 40).

⁴³ « The concept of inflection can be generalised so that elegance requires that the layers and subsystems of a complex composition are mutually inflected. Every new element or new layer enters the complex will both inflect the overall composition and will in turn be inflected. Elegance can never result from a merely additive complication » (Schumacher, 2007, p. 32).

5.3.b) La fluidité comme expression de l'inflexion

A travers l'histoire, nous avons associé la fluidité à plusieurs expressions de l'inflexion : à l'expression du pli de la matière dans la période baroque, à la matérialisation de la quatrième dimension, inspirée de la géométrie non euclidienne dans la sculpture avant-gardiste de Gabo et Pevsner ou au principe de composition introduit par Robert Venturi. Outre l'expression de l'élégance et de la transition de l'architecture déconstructiviste au pliage, l'inflexion ou la « courbure continue » est définie par les architectes contemporains comme « le modèle graphique et mathématique pour l'imbrication de plusieurs forces dans le temps » (Lynn, 2011, p. 23). En considérant que la production architecturale contemporaine est fondée sur l'interpénétration de l'approche sculpturale et de l'approche mathématique, l'inflexion est aujourd'hui la dimension la plus représentative de la fluidité architecturale et incarne le caractère topologique⁴⁴ de la continuité.

L'approche scientifique de l'inflexion

Greg Lynn analyse mathématiquement l'inflexion comme l'incarnation du temps et du mouvement en architecture, idée déjà employée par Naum Gabo et Antoine Pevsner dans leurs sculptures. Selon lui, la courbure se différencie de la linéarité par la multiplicité d'entités et par ses attributs vectoriels⁴⁵, qui traduisent la dimension temporelle et dynamique. Ces vecteurs constituent les paramètres d'une équation différentielle par laquelle la courbure est déterminée.

Afin de représenter l'inflexion en architecture, selon Ali Rahim, il existe deux types d'approches technologiques : l'approche conventionnelle, la technique « analytique », « *top down* », et l'approche temporelle, « *bottom up* »⁴⁶. La représentation de la « courbure continue » définie par Lynn nécessite la technique temporelle. Grâce à l'irréversibilité et au potentiel de générer des nouvelles conditions, celle-ci est comparée par Ali Rahim à la temporalité thermodynamique. Contrairement à la technique conventionnelle, la technique temporelle est non linéaire et

⁴⁴ « The two linked principles that are central to the temporal component of topology are (1) the immanent curvatures that result from the combinatorial logic of differential equations and (2) the mathematical cause of that curvature. Because topological entities are based on vectors, they are capable of systematically incorporating time and motion into their shape as inflection » (Lynn, 2011, p. 23).

⁴⁵ « Curvilinearity is a more sophisticated and complex form of organization than linearity in two regards: (1) it integrates multiple rather than single entities, and (2) it is capable of expressing vectorial attributes, and therefore time and motion » (*Ibid.*, 2011, p. 23).

⁴⁶ Les termes « *top down* » et « *bottom up* » sont employés par Ali Rahim pour différencier la méthode de conception : « Architects who use analytical methods typically work from the top down: they formulate an overall design concept and then refine their design at successively more detailed levels. Designers who use temporal techniques begin, instead, with the individual parts of a system, inking these elements together to form larger components until a complete assemblage emerges. [...] Designers then evaluate these bottom-up procedures analytically, to determine whether the aims of the project are fulfilled or to make sure it can be built efficiently » (Rahim, 2006, p. 25).

irréductible, c'est-à-dire qu'elle ne se résume pas à une simple équation linéaire cause-effet et qu'elle ne peut plus se diviser dans ses composants initiaux⁴⁷. La technique temporelle peut être générative (algorithmique, itérative), en impliquant l'évolution du système, ou transformationnelle, qui « manipule la surface continue » par des opérations comme le pliage, l'étirement ou le coupage (Rahim, 2006, p. 26). Selon Rahim, Greg Lynn et Lars Spuybroek développent une architecture par la technique générative, tandis que Sulan Kolatan et William MacDonalds (KOL/MAC Studio) développent une architecture par la technique transformationnelle. Ces techniques constituent des moyens contemporains de conception formelle, en soulignant la courbure comme l'expression la plus fidèle de la dynamique de la vie. La continuité du mouvement dans une dimension temporelle n'est plus séquentielle et abstraitement représentée par des compositions de fragments droits et linéaires, similairement à l'architecture moderne ou même déconstructiviste, mais elle est maintenant ondulée et incurvée.

Le discours architectural de Zaha Hadid et Patrik Schumacher témoigne d'une approche architecturale paramétrique, développée par des techniques mixtes, génératives et transformationnelles. Ils définissent le Postmodernisme et le Déconstructivisme comme des « épisodes transitoires » du Modernisme au « Paramétricisme », le style de l'architecture contemporaine. Si le Modernisme était fondé sur une nouvelle conception spatiale, le « paramétricisme » est fondé sur l'analogie au fluide, en « différenciant les champs (*fields*) » et non les éléments. Selon les deux architectes, ces champs sont des entités remplies par un milieu fluide, déformable et toujours en mouvement, pensées d'une manière globale, comme les essaims, leur forme étant influencée par des vecteurs de transformation⁴⁸. L'inflexion devient l'incontournable de l'architecture contemporaine grâce à son caractère malléable et à sa « capacité adaptative », qui lui permettent d'« entrer » en relations articulées. Les principes modernistes, comme la juxtaposition, la répétition, la sérialité ou le collage, ainsi que les figures géométriques et les volumes rigides (les carrés, les triangles, les cercles, les sphères, les cubes etc.) sont niés à cause du fait qu'ils « restent aveugles, inertes, sans inflexion ». Les formes douces expriment, par leurs déformations, les forces contextuelles qui agissent de l'intérieur ou de l'extérieur, mais pour cela les paramètres de contrôle doivent être définis (Schumacher,

⁴⁷ « Nonlinear techniques combine existing entities in such a way that they produce new and emergent organizations that are more than the sum of their parts. These new formations are irreducible – just as the liquidity of water cannot be divided into the individual properties of the hydrogen or oxygen atoms that compose it [...] » (*Ibid.*, 2006, p. 25).

⁴⁸ « Parametricism differentiates fields. Fields are full, as if filled with a fluid medium. We might think of swarms or liquids in motion, structured by radiating waves, laminar flows and spiraling eddies. [...] There are no distinct figures. Only the global and regional field qualities matter: biases, drifts, gradients and singularities like radiating centers. Deformation no longer spells the breakdown of order but the *lawful* inscription of information. Navigation proceeds along vectors of transformations » (Hadid, Schumacher, 2008, p. 62-63).

2012, p. 658). Quant à la dynamique des fluides comme processus génératif, la recherche « Parametric Urbanism » développée pendant trois ans (2006-2009) par AA *Design Research Lab* (AADRL), sous la direction de Patrik Schumacher, interprète les différentes couches programmatiques urbaines par le biais de différents fluides. Ainsi, la technique temporelle générative expliquée par Ali Rahim est ici exemplifiée par le concept du projet, qui devient une hybridation entre plusieurs fonctions, représentée par un mélange de fluides, sensible aux conditions existantes du site (limites et obstacles)⁴⁹. Cette recherche évoque parfaitement notre concept d'« architecture figée » car les fluides en mouvement peuvent être figés à chaque instant, en fonction de l'architecte. Dans un processus de conception qui varie en permanence par l'imprédictibilité de l'évolution et de l'émergence formelle, le contrôle de l'architecte est traduit par la décision de fixer l'écoulement du système dynamique.

L'approche sculpturale de l'inflexion

Les techniques temporelles évoquées ci-dessus se réfèrent à la matérialisation du temps et du mouvement en architecture par une démarche computationnelle. L'approche sculpturale de l'inflexion suppose une recherche formelle par un processus empirique, intuitif et spontané. Les concepts de Frank Gehry évoquent plutôt la sculpturalité de l'objet que leur dimension mathématique. Pour réaliser ses projets, il utilise des techniques de modélisation, par lesquelles la forme, pensée au niveau de la maquette⁵⁰, est raffinée *a posteriori*. Dans ce cas, l'ordinateur n'est pas un outil de conception, mais un moyen de concrétisation, de réalisation, de matérialisation de cette approche sculpturale. Selon Gehry, les logiciels numériques doivent être utilisés au niveau micro et pas macro, ce dernier désignant « les formes plus grandes et ce qui est immédiatement reconnaissable ». Contrairement aux architectes antérieurement mentionnés, il considère que « la signature des logiciels doit être subvertie par l'architecte » (Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 62). Pour Gehry, la continuité est indiquée non par la décision de figer un système dynamique en développement, mais par la représentation de la touche d'humanité, par la fluidité du trait, par une teinte d'ambiguïté⁵¹. Des notions comme « chaos », « aléatoire », « imprévisibilité » sont

⁴⁹ « [...] the lack of control over the precise behavior of the fluid and the potential difficulty (depending on the specific script) to anticipate all the possible geometric results of the transcodings make this process rather different from the usual use of a notational system. The system remains – to a certain extent – generative » (Schumacher, 2012, p. 695).

⁵⁰ « I have a different sense of working than some others. If I sit down with too much with too much premeditation, it is not successful. I have to work very intuitively so I inform myself a lot about the project and the people. I work in the models – trying things, trying forms looking. I try something and I take it off, then I try it again, and the work slowly evolves, a piece at a time » (Gehry, 2008, p. 49-50).

⁵¹ Frank Gehry précise la nature de son inspiration : « Il y a quelque chose de lié au dessin, dans la fluidité, il y a la recherche de quelque chose de primitif mais d'humain, qui nous vient du fond des âges [...]. Donc je recherchais un

aussi présentes dans son discours architectural⁵², mais à un niveau plus théorique que le mélange de fluides de Patrik Schumacher.

Le terme « fluide » est très souvent associé à l'architecture de Frank Gehry, en visant les formes souples et ondulées. La même notion est utilisée pour caractériser l'œuvre de Zaha Hadid, même si les deux approches conceptuelles sont différentes. Les résultats fondés sur la continuité formelle ne sont pas identiques non plus. Après la période déconstructiviste, qui vise la décomposition volumétrique, les projets de Zaha Hadid refusent toujours la composition. Sa production architecturale récente se caractérise par des volumes déformés et transformés (selon la technique temporelle transformationnelle) ou par des volumes générés en fonction de plusieurs paramètres (selon la technique temporelle générative). En revanche, les projets de Frank Gehry se remarquent comme des compositions de différents éléments, ondulés ou pas, constituant des ensembles sculpturaux, conçus selon la technique conventionnelle (non temporelle).

Dans ce chapitre nous nous intéressons, du point de vue du résultat et du processus de conception mais pas nécessairement du point de vue de la mise en œuvre, aux projets qui évoquent la fluidité par leur continuité formelle. La dissemblance d'approche entre l'architecture de Zaha Hadid et l'architecture de Frank Gehry souligne la dichotomie de la fluidité par continuité formelle (scientifique et sculpturale) dans l'architecture contemporaine. Puisque dans le contexte actuel ces deux approches coexistent, nous considérons que la généralisation du terme « fluide », rapporté à toutes les formes pliées ou incurvées, démontre la superficialité de la compréhension conceptuelle. Pour cette raison, nous définissons la fluidité architecturale comme l'expression de l'inflexion qui, en fonction du discours architectural et implicitement du processus de conception, devient scientifiquement ou sculpturalement déterminée.

langage qui possède en soi une humanité. Le pli est une forme primitive qui se retrouve dans toutes les périodes de l'histoire de l'art et de l'architecture. [...] J'aime l'idée de continuité, mais d'une continuité totale et ambiguë [...] » (Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 60).

⁵² « The chaos of our cities, the randomness of our lives, the unpredictability of where you're going to be in ten years from now—all of those things are weighing on us, and yet there is a certain glimmer of control. [...] I've learned that I'm not in control of the stuff around me, but still, in a larger sense, I am » (Miller, Ledgerwood, 1990).

6. L'ambiance architecturale

Contrairement aux chapitres précédents, ce chapitre vise l'analyse du sensible, la perception de l'espace et les sensations activées par l'architecture. Cet objectif pourrait être désigné par plusieurs notions, comme l'« atmosphère », l'« émotion » ou l'« ineffable » mais, en considérant l'hypothèse de cette thèse qui différencie la fluidité de l'architecture (la fluidité figée) de la fluidité en architecture (la fluidité mouvante), nous considérons la notion d'« ambiance » plus adaptée afin d'exprimer l'essence de la fluidité en architecture. La raison pour laquelle nous avons choisi ce terme est incarnée par le double rapport entre l'ambiance et l'architecture, c'est-à-dire « la forme qui fait l'ambiance et l'ambiance qui fait la forme » (Chelkoff, 2004, p. 60). Le double rapport est plutôt lié au processus de conception et non nécessairement au projet final : l'architectonique comme moyen de conception de l'ambiance et l'ambiance comme point de départ du concept architectural. L'ambiance favorisée selon une certaine forme architecturale entraîne une conception architecturale comme « le projet d'une expérience sensible à concevoir », tandis que l'ambiance comme objectif détermine une conception architecturale comme « une expérience sensible propre au concevoir » (Liveneau, 2004, p. 70). En ce qui concerne la fluidité architecturale, nous retrouvons ce double rapport à la fois dans le discours architectural et dans le résultat du processus de conception. Donc, un certain type de fluidité peut être particulièrement recherché ou il peut constituer la conséquence de l'architectonique. Néanmoins, en général, ces deux tendances s'imbriquent, mais puisque nous analysons la fluidité mouvante en fonction du discours architectural, l'« ambiance » devient le terme approprié pour ce chapitre. En outre, l'atmosphère, l'émotion ou l'ineffable constituent des composants de l'ambiance.

Contrairement à l'architectonique (la fluidité figée), considérée comme « élément ou mouvement d'un flux, [...] une coupe ou encore un arrêt sur image obtenu en figeant une

géométrie mouvante » (Picon, 2010, p. 75), l'ambiance n'est pas statique et fixe. Elle peut être immortalisée en images mais, en réalité, elle se trouve dans un changement permanent. L'ambiance est un flux, un « champ des forces transitant par différents voies » (Chelkoff, 2004, p. 62) en dépendance directe du temps et du mouvement. Les deux types de fluidité mouvante, laminaire et turbulente, constituent des éléments qualitatifs de l'ambiance, en fonction de l'émotion ressentie. La fluidité laminaire suppose la sérénité, l'accalmie, tandis que la fluidité turbulente suppose l'angoisse, l'incertitude et la confusion. Cependant, la fluidité mouvante constitue la métaphore de l'écoulement des fluides en physique. Selon la viscosité du milieu fluide et la forme de l'obstacle, l'écoulement peut être : laminaire, c'est-à-dire régulier et invariable, avec une vitesse constante, ou turbulent, c'est-à-dire fluctuant, en engendrant des vortex. Par analogie, le terme de tourbillon est associé à la sensation de bouleversement, trouble, chaos, imprévisibilité ou instabilité, tandis que le terme de laminaire est associé au sentiment de sécurité et tranquillité. Selon Peter Zumthor, la sérénité et la séduction constituent une des neuf caractéristiques qui définissent l'atmosphère, « la magie du réel ». Ces notions se réfèrent aux spectateurs qui se déplacent dans un espace, en transformant l'architecture en un « art du temps ». La sérénité et la séduction dépendent du programme architectural. Ainsi, Zumthor attribue la sérénité aux programmes avec un « usage déterminé » (comme les auditoriums ou les cinémas) car elle suppose premièrement la compréhension de l'espace architectural¹ et la séduction aux programmes plus flexibles car celle-ci est déterminée par une « flânerie libre »² selon de petits indices. Les petits indices ont été introduits par l'architecture baroque comme points d'articulation urbaine afin de diriger le regard selon un parcours préétabli et de suggérer chaque fois la surprise. Donc, nous considérerons la surprise et l'imprédictibilité comme des éléments recherchés par la fluidité turbulente.

Pour évoquer une fluidité, laminaire ou turbulente, une série de sens, comme « l'orientation, la gravitation, l'équilibre, la stabilité, le mouvement, la durée, la continuité, l'échelle et l'éclairage » (Pallasmaa, 2014, p. 18) contribue à la sensation ressentie, qui dépend plutôt du caractère topologique de l'espace que de son caractère géométrique³. Le ressenti est défini par des éléments choisis comme déterminants, des « formants » qui orientent l'ensemble selon un

¹ « Pour un usage déterminé, il est bien plus judicieux de créer un calme, une sérénité, un lieu où vous ne devez pas courir partout et où vous ne devez pas chercher la porte. Où rien ne vous attire, où vous êtes simplement là » (Zumthor, 2008, p. 43).

² « [...] il est extrêmement important de produire une sorte de "flânerie libre", dans une ambiance qui nous séduit plus qu'elle nous dirige. Dans un couloir d'hôpital, par exemple, on est dirigé. Mais il y a aussi la séduction, le laisser-aller, la flânerie, et cela, comme architecte, nous pouvons le créer » (*Ibid.*, 2008, p. 41).

³ Grégoire Chelkoff explique le lien entre la géométrie et la sensation ressentie : « Si je regarde les objets non plus sous l'angle de ce qu'ils sont du point de vue d'une définition géométrique, établie dans leur dimension spatiale, je peux envisager plus directement la manière dont mon corps ressent des flux, forces ou pressions, d'ordre différent » (Chelkoff, 2004, p. 62).

vecteur commun (Chelkoff, 2004, p. 63). Les « formants » influencent directement l'ambiance : si nous considérons, par exemple, l'ambiance du Panthéon de Rome comme une fluidité laminaire, les formants sont associés à l'écoulement limpide de la lumière, au silence et au caractère paisible de l'atmosphère, dû à la différence d'échelle entre le visiteur et la monumentalité du volume. Si un de ces éléments change, l'ambiance se transforme aussi. Si la lumière devient fluctuante et/ou la quiétude est remplacée par des bruits, la fluidité laminaire serait perturbée et elle se transformerait dans une fluidité turbulente. Donc, les « formants » définissent le caractère de l'ambiance⁴.

6.1. La continuité d'un mouvement fugace

Dans le chapitre « La conception architecturale moderne », nous avons analysé la continuité rapportée à l'espace, tandis que dans le chapitre « La continuité formelle » nous avons considéré la continuité comme une caractéristique concrète et objective de la fluidité architecturale figée. Le déroulement des instants éphémères⁵ définit, en concordance avec la fluidité figée, la complexité de l'ambiance. Le mouvement (ou le flux) constitue la caractéristique fondamentale de tous les formants qui déterminent une ambiance. L'énergie, le champ de forces ou la lumière sont des flux qui traversent l'espace, mais qui sont généralement influencés par la forme construite. La fluidité mouvante vise alors la continuité comme un « mouvement hors de » la statique⁶, comme une perception des flux, l'ambiance étant toujours continue⁷. Elle suppose à la fois la continuité temporelle et la continuité matérielle. La continuité temporelle, toujours présente dans la fluidité en architecture, impose le temps comme dimension essentielle de l'ambiance, devenant un « agent actif » (Böhme, Borch, Eliasson, et al., 2014, p. 93). La continuité matérielle se réfère à l'emploi des différents matériaux qui, traités d'une certaine manière, rendent l'harmonie⁸, la profondeur, la transparence ou le moiré. Outre les matériaux, les formes architecturales, par leur composition, influencent les « sentiments dans l'air » (Hermann Schmitz). Donc, l'ambiance est la continuité, temporelle et matérielle, transformée

⁴ « Ce système d'analyse met l'accent sur le fait qu'une ambiance, en tant que totalité, peut être modifiée si l'un des formants vient à changer. Si un changement se produit qui ne modifie pas l'ambiance, c'est qu'il ne s'agit précisément pas d'un "formant" de cette ambiance-là – il n'est pas suffisamment déterminant par rapport à l'expérience en cours » (*Ibid.*, 2004, p. 66-67).

⁵ Dans *L'esthétique de l'éphémère*, Christine Buci-Glucksmann, introduit la notion d'« image-lumière » comme séquence du mouvement ininterrompu qui compose l'éphémérité : « C'est le mouvement fluide, aux transitions ambiguës et aux changements imperceptibles, qui réalise l'éphémère de l'image-lumière propre à la nouvelle temporalité de la culture des flux » (Buci-Glucksmann, 2003, p. 57).

⁶ Etymologiquement, le terme « émotion » vient du latin *ex-movere*, qui signifie « mouvoir hors de » (Thibaud, 2004, p. 160).

⁷ « Atmosphere emphasises a sustained being in a situation, rather than a singular moment of perception; atmosphere is always a continuum » (Pallasmaa, 2014, p. 20).

⁸ Peter Zumthor considère l'« harmonie des matériaux » comme un des neuf éléments qui influence l'atmosphère.

par le biais de l'architectonique dans « une "chose" mentale [...] suspendue entre objet et sujet » (Pallasmaa, 2014, p. 21).

Cette continuité est fondée sur des principes cinématographiques comme la séquentialité des instants éphémères, sur la dualité de la transparence, comme la clarté et l'ambiguïté et sur les expressions virtuelles du monde numérique. L'interpénétration de ces éléments évoque une atmosphère complexe, avec un caractère plutôt laminaire ou plutôt turbulent.

6.1.a) La continuité comme « situation »

Avant d'analyser l'ambiance en tant que fluidité mouvante, laminaire ou turbulente, il nous semble nécessaire de souligner une tendance architecturale fondée sur la fugacité des instants et sur la temporalité des événements⁹ éphémères : l'architecture du groupe Archigram. La fluidité mouvante est dans ce cas présente à un double niveau : au niveau du concepteur et au niveau de l'habitant car « le sens urbain n'est pas dans les murs qui constituent nos villes, mais dans les réseaux d'échanges, d'informations et d'émotions créés par les individus » (Architectures expérimentales : dossier pédagogique, 2013, p. 9). Selon le discours architectural, la fluidité mouvante est intégrée en architecture et, similairement au cinéma, cette architecture « itinérante »¹⁰ suscite une émotion, un sentiment lié à la manière de présenter un message. Selon Peter Cook, le pionnier d'Archigram, le nom de la revue *Archigram Magazine*, autour de laquelle le groupe d'architectes est fondé, représente « l'idée de message ou de quelque forme de communication abstraite : le télégramme, l'aérogramme, etc. » (Cook, 1994, p. 13). Puisque leur discours architectural est fondé sur la dualité négatif/positif, où le constituant négatif est incarné par l'architecture comme la partie *hardware*, le constituant positif est incarné par la ville et le « potentiel humain » participe activement aux concepts proposés par Archigram comme la partie *software* (Celeste, Raynaud, 1974, p. 63), la fluidité mouvante décrit non seulement l'ambiance, mais aussi la représentation architecturale. Néanmoins, dans ce cas nous ne

⁹ Selon Grégoire Chelkoff, la notion d'« événement », à côté de la notion d'« effet » ou de « trait », tend à « "séparer" les qualités » de l'ambiance. Pour cette raison il a introduit le terme de « formant », qui suppose « ce qui tend à former un tout dans l'organisation variable de différents événements sensibles » (Chelkoff, 2004, p. 67). L'« événement » est ici défini selon l'« approche écologique de la perception », qui distingue les événements comme « des propriétés statiques (*i.e.*, stationnaires) et dynamiques (*i.e.*, en mouvement) d'objets et de surfaces [...] indépendantes de celui qui perçoit » et non selon la définition développée par Johansson dans les années 1950, qui considère les événements (*events*) comme « la perception de *stimuli* en mouvement » (*Ibid.*, 2004, p. 69). Contrairement à cette pensée, nous n'interrogeons pas l'événement en rapport avec les « formants », mais plutôt en rapport avec la représentation architecturale.

¹⁰ Le terme « itinérant » est utilisé dans le numéro 8 de la revue Archigram. Il est associé au projet *Instant City*, qualifié comme une « métropole itinérante » (Cook, 1994a, p. 141). En outre, la Galerie permanente du Frac Centre Orléans présente l'architecture du groupe Archigram comme un élément constituant des « Architectures expérimentales ». Dans ce contexte, l'architecture d'Archigram est associée aux « villes itinérantes » (Architectures expérimentales : dossier pédagogique, 2013, p. 9).

pouvons pas séparer les deux éléments car le discours est basé sur leur corrélation¹¹. Cette corrélation constitue la raison pour laquelle nous analysons la production architecturale d'Archigram dans ce chapitre.

L'architecture visionnaire d'Archigram interroge la « redéfinition de l'expérimentation en architecture », recherche qui met en évidence, par « une réelle désintégration », l'immatérialité de l'architecture (Lecture de *Experimental Architecture* de Peter Cook, 1974, p. 68), en niant l'« Architecture des Architectes »¹². La ville devient ainsi non « une série de "bâtiments" en tant que tels, mais [...] une trame d'événements intriqués à l'infini » (Cook, 1994b, p. 13). En 1963, les projets pour l'exposition *Living City* associent ces événements aux « situations »¹³, des séquences qui se déroulent en permanence dans la « Ville vivante ». Les « situations », et notamment les « changements de situation »¹⁴, constituent l'élément essentiel de la fluidité mouvante, non comme déplacement mais comme fluctuation d'une architecture non-construite. Le « changement de situation » associe la représentation architecturale à la perception de l'individu, que nous l'interprétons comme ambiance dans un rapport temps-mouvement-situation, idée fondamentale de *Living City* (Chalk, 1994, p. 60-61).

La dimension sociale des projets d'Archigram est mise en évidence notamment par le projet *Instant City* [1968-1970]. Imaginé comme une « métropole itinérante », le projet destiné aux communautés de province constitue un « package » qui présente la « dynamique métropolitaine » d'une manière active, où « leur propres expériences feraient partie de l'événement » et non passive comme la télévision¹⁵ (Cook, 1994a, p. 141). L'architecture devient une représentation immatérielle en temps réel qui intègre la communauté locale à la communauté métropolitaine. L'idée de situation, empruntée au concept *Living City*, est aussi présente dans le projet *Instant City*¹⁶. La fluidité mouvante correspond ainsi à l'événement,

¹¹ « [...] le *Hardware*, issu du jargon informatique est accepté comme corrélat indispensable du *Software* et peut devenir un "environnement sensible aidé électroniquement (par le *Software*)" » (Celeste, Raynaud, 1974, p. 63).

¹² L'« Architecture des Architectes » fait référence à la « lassitude qui s'empare des jeunes créateurs devant la sclérose et le néo-académisme » (Architecture-fiction ou anti-architecture ?, 1964).

¹³ « Situation – les événements qui interviennent dans les espaces de la ville, les objets éphémères jetables, le passage des voitures et des gens – est tout aussi importante, sinon plus, que la délimitation de l'espace par la construction » (Chalk, 1994, p. 60).

¹⁴ Le « changement de situation » dépend complètement des coordonnées et des réactions du spectateur. Ainsi, ce terme désigne « un environnement et une situation par rapport aux perceptions de l'individu, à ses humeurs, à ses objectifs, aux directions qu'il prend et à sa place dans son milieu » (*Ibid.*, 1994, p. 61).

¹⁵ Les villes visitées sont reliées entre elles par les stations de relais locales (choisies dans des bâtiments désaffectés de la communauté) et donc la « communauté n° 1 "nourrit" désormais une partie du programme dont bénéficiera la Communauté n° 20 » (Cook, 1994a, p. 145).

¹⁶ « Ville de communication, du réseau, des flux de l'instant, *Instant City* transforme l'architecture en situation, en environnement réactif. L'architecture s'y donne à la fois comme produit de consommation et création d'un environnement artificiel » (Brayer, Migayrou, Rencontres internationales d'architecture d'Orléans, 2003, p. 159).

exprimé par des images, des moyens audiovisuels, des gadgets et d'autres simulateurs environnementaux, en évoluant en permanence selon la perception des spectateurs.

6.1.b) La continuité comme montage

L'événement, la situation, l'instantané : des notions qui, selon Archigram, décrivent à la fois la partie *hardware* (l'architectonique) et la partie *software* (le message) de l'architecture. Mais quel est le lien entre ces notions et l'ambiance architecturale, le ressenti ? Puisque nous avons mentionné la perception des spectateurs comme un élément essentiel dans le « changement de situation », nous associons ce changement à un épisode instantané (la traduction d'*Instant City* est « la ville instantanée »), passager, fugitif, instable. L'ambiance est ainsi composée d'une série d'« instantanés »¹⁷ qui évoque une certaine atmosphère, par certains « formants ». Le montage se réfère à l'arrangement et l'organisation d'instantanés dans une composition temporelle continue. Dans ce contexte, la différenciation entre l'instant et l'instantané nous semble impérative. Est-ce que chaque instant constitue un instantané dans le montage de l'ambiance ? Est-ce que tous les instants ont la même importance ?

Le premier chapitre, « Fluide et fluidité : définition et métamorphose », décrit la fluidité selon plusieurs points de vue. Associée métaphoriquement aux différents domaines, comme la littérature ou la chorégraphie, cette notion définit très souvent l'animation cinématographique. Son degré de fluidité dépend directement du nombre d'images par seconde, unité de mesure qui correspond au déroulement d'une série d'images dans une période de temps déterminée. Cette unité de mesure détermine la fluidité de l'animation : plus le nombre de photogrammes¹⁸ est élevé, moins l'ensemble est saccadé et plus il est fluide. Ces images, photogrammes ou « coupes immobiles » sont interprétés par Deleuze comme des « images-mouvement », auxquelles le mouvement est intrinsèque et n'est pas additionné¹⁹. Dans *L'évolution créatrice* [1907], Henri Bergson distingue deux modalités de recomposition du mouvement : la formule antique et la formule moderne. La différence entre les deux méthodes réside dans les images-mouvement choisies. Selon l'approche antique, les images sont des « poses » ou des « instants privilégiés » qui représentent des Formes ou des Idées « elles-mêmes éternelles et

¹⁷ Le terme « instantané », en tant que nom, est utilisé en photographie afin de désigner une séquence d'un événement.

¹⁸ En cinématographie, le photogramme constitue l'image de base d'un montage.

¹⁹ En interprétant les théories de Bergson, Gilles Deleuze introduit la notion d'« image-mouvement » : « [...] ce n'est pas le photogramme, c'est une image moyenne à laquelle le mouvement ne s'ajoute pas, ne s'additionne pas : le mouvement appartient au contraire à l'image moyenne comme donnée immédiate. [...] le cinéma ne nous donne pas une image à laquelle il ajouterait du mouvement, il nous donne immédiatement une image-mouvement » (Deleuze, 1983, p. 11).

immobiles »²⁰, tandis que l'approche moderne renvoie à des « instants quelconque », aux coupes équidistantes²¹.

Cette analyse sur les méthodes de reconstitution du mouvement devient un outil important pour la compréhension de la fluidité mouvante. Pourquoi ? En essence, notre interprétation de l'ambiance, qui suppose la dimension temporelle comme élément définitoire, est une recomposition d'émotions découlées du concept architectural. Ces émotions sont le produit d'un discours architectural, ou sont directement évoquées par la fluidité figée, sans un discours précédent. Pour cette raison, nous considérons la fluidité mouvante comme une recomposition du mouvement, mais non selon la méthode moderne, mais selon la méthode antique. En ce qui concerne l'ambiance architecturale, il existe un « montage atmosphérique ». Nous introduisons cette notion afin de souligner la complexité de l'ambiance, composée par une succession de moments ineffables (les instants quand une émotion est induite par une certaine position du soleil ou par une association particulière de son et lumière, etc.), créés par une série d'éléments sensibles (la lumière, le son, la texture, etc.), en engageant différents sentiments et émotions dans un intervalle temporel. Ce « montage atmosphérique » dépend plutôt des « instants privilégiés » que des « instants quelconques » car l'ambiance architecturale signifie plus qu'une simple succession d'images-mouvement : elle individualise une série d'émotions précises. Un montage fondé sur des instants équidistants (selon la méthode moderne) serait plutôt possible pour une fluidité laminaire, où chaque instant viserait la même émotion. En revanche, la fluidité turbulente peut signaler simultanément plusieurs émotions, en générant confusion et incertitude. En conséquence, nous considérons l'ambiance comme une reconstitution du mouvement selon des instants privilégiés.

Apparemment, cette méthode « antique »²² de penser le « montage atmosphérique » est étonnante car l'architecture et l'art contemporain mettent en évidence plutôt l'expérience humaine qui est composée non seulement d'instants privilégiés mais aussi d'instants quelconques. Par exemple, l'architecture de Bernard Tschumi « devient la multiplication d'instants quelconques » en exprimant la vie (Simond, Paviol, 2009, p. 199). Mais, nous nous intéressons au montage comme méthode de composition de séquences et de recomposition du

²⁰ Selon Bergson, ces formes et idées privilégiées « sont censées caractériser une période dont elles exprimeraient la quintessence, tout le reste de cette période étant rempli par le passage, dépourvu d'intérêt en lui-même, d'une forme à une autre forme » (*Ibid.*, 1983, p. 13).

²¹ « [...] le cinéma est le système qui reproduit le mouvement en fonction du moment quelconque, c'est-à-dire en fonction d'instants équidistants choisis de façon à donner l'impression de continuité. Tout autre système, qui reproduirait le mouvement par un ordre de poses projetées de manière à passer les unes dans les autres ou à se "transformer", est étranger au cinéma » (*Ibid.*, 1983, p. 14).

²² Le terme « antique » est particulièrement utilisé par Gilles Deleuze afin de différencier les deux méthodes de reconstituer le mouvement : « il y a deux façons de le faire, l'antique et la moderne » (*Ibid.*, 1983, p. 12).

mouvement, du point de vue de l'atmosphère, en soulignant son écho dans la perception des usagers. Le double aspect du montage peut être expliqué par l'œuvre cinématographique d'Eisenstein, considéré comme un des promoteurs du montage par des instants privilégiés²³. La technique d'Eisenstein est associée à la fois à l'architecture de Piranèse et à l'architecture de Le Corbusier (*Ibid.*, 2009, p. 138- 151). Si nous pensons cette association du point de vue historique et terminologique, en acceptant l'architecture de Tschumi comme un montage selon la technique moderne (par des instants quelconques), le lien entre l'architecture de Piranèse et la technique « antique » nous semble une analogie pertinente, tandis que l'association de l'architecture de Le Corbusier cette même technique « antique » devient difficile à comprendre. Quelle est la similarité, à propos de la technique du montage, entre l'architecture de Piranèse et l'architecture de Le Corbusier et quelle est la dissemblance entre cette dernière et l'architecture de Bernard Tschumi ? Les gravures de Piranèse soulignent l'architecture de l'Antiquité par des éléments particuliers de cette époque. Néanmoins, le montage « antique » ne se réfère pas à la représentation des éléments architecturaux classiques tombés en ruine, comme les arcs ou les colonnes, mais aux perspectives privilégiées qui les mettent en évidence, par « la démultiplication des plans spatiaux et le choc à l'œuvre dans le rapport entre eux »²⁴. Donc, dans le cas de Piranèse, le montage d'Eisenstein est interprété comme une série d'instants privilégiés. Quant à l'architecture de Le Corbusier, les perspectives privilégiées n'y existent plus. L'édifice est perçu en tant qu'objet tridimensionnel, où chaque instant et chaque perspective contribue à sa compréhension globale. Mais alors pourquoi cette architecture est-elle considérée comme un montage selon la méthode « antique » ? Car dans ce cas un nouvel élément s'ajoute à cette série de perspectives : la lumière. Celle-ci a la capacité de « privilégier » certaines perspectives, particulièrement choisies par le concepteur. Ainsi, les jeux de lumière et ombre de Le Corbusier déterminent, comme les gravures de Piranèse, la reconstitution du mouvement selon la technique « antique ». Dans le cas de Bernard Tschumi, l'importance de la lumière est remplacée par l'importance du mouvement. Les différentes perspectives ne sont privilégiées ni par la composition volumétrique, ni par la lumière, mais elles sont découvertes par le déplacement du public. Les perspectives de chaque instant sont équivalentes comme importance, raison pour laquelle nous associons son architecture à un montage selon la technique moderne. Puisque nous considérons l'ambiance comme un élément influencé directement par des facteurs intangibles comme la lumière, l'objectif de la comparaison entre l'architecture de Piranèse, Le

²³ « [...] le cinéma semble se nourrir d'instants privilégiés. On dit souvent qu'Eisenstein extrait des mouvements ou des évolutions certains moments de crise dont il fait par excellence l'objet du cinéma » (*Ibid.*, 1983, p. 14).

²⁴ « La démultiplication des plans spatiaux est assurée par certains éléments tels que les ponts, piliers ou arcs. Quant au choc, il résulte d'une "réduction de perspective à peu près double de ce que supposait l'œil" » (Simond, Paviol, 2009, p. 138-139).

Corbusier et Tschumi est de montrer que le « montage atmosphérique » est généralement fondé sur des instants privilégiés.

6.2. La fluidité laminaire et la fluidité turbulente

Nous avons déjà défini la fluidité laminaire et la fluidité turbulente comme des métaphores de l'écoulement laminaire et turbulent. Le calme et la sérénité ou la confusion et l'incertitude sont des expressions qui différencient les deux types d'ambiance, influencés par les « formants » de Chelkoff et par les instants privilégiés de Deleuze. Néanmoins, nous considérons que la simple distinction entre serein et confus n'est pas suffisante pour analyser le double aspect de l'ambiance à cause de certains paramètres qui influencent la fluidité mouvante. Le programme architectural constitue un des critères les plus importants selon lequel un type de fluidité (laminaire ou turbulente) peut définir l'espace. La fonction d'un bâtiment peut déterminer non seulement le type de fluidité mouvante, mais aussi son importance rapportée à la fluidité architectonique. Rapporté au programme architectural muséal, tertiaire ou de logement, l'essence du programme architectural sacré (églises, cathédrales, chapelles, etc.) est concentrée sur le sentiment de béatitude, traduit par la fluidité mouvante laminaire, et donc l'architectonique est toujours pensée en fonction de cette dimension sensible. Outre le programme architectural de l'édifice, le concept architectural, par ses formes, ses espaces et ses matériaux, évoque une atmosphère plutôt laminaire ou plutôt turbulente.

La fluidité laminaire suppose à la fois la compréhension exacte et réelle de l'espace architectural et le sentiment de calme et de tranquillité évoqué par celui-ci. Si ces éléments ne sont pas accomplis, la fluidité devient turbulente. La question de réel et virtuel est une thématique qui inspire différents architectes. Dans le champ de l'architecture, le terme « virtuel » désigne plusieurs choses mais, dans ce contexte, nous nous référons à ce qui n'est pas réel, à l'illusion. La transparence, la dématérialisation, la lumière, le son, la température constituent seulement quelques-uns des moyens utilisés par les architectes afin d'interroger la limite entre réalité et l'« espace virtuel de l'illusion » (Baudrillard, Nouvel, 2000, p. 17). A travers l'histoire, les « formants » qui déterminent l'ambiance sont le résultat de l'imbrication du concept (forme, matériaux, espace, etc.) et des contraintes architecturales rapportées au programme architectural, filtrée par la sensibilité du public au cours de son déplacement, du « flux continu du vécu »²⁵. Puisque la fluidité mouvante est essentiellement influencée par la fonction de l'édifice (le programme architectural), nous l'analysons en deux parties : la fluidité sacrée,

²⁵ Selon Nicolas Gilsoul, le « flux continu du vécu » désigne le mouvement (Gilsoul, 2010, p. 43).

évoquée par les édifices religieux, qui est toujours laminaire et la fluidité turbulente, introduite dans les autres programmes architecturaux, qui incarne l'incertitude de ce qui est réel et ce qui est virtuel.

6.2.a) La fluidité laminaire sacrée

Outre les quatre dimensions architecturales définies par l'architecture avant-gardiste des années 1920 (les trois dimensions qui caractérisent l'espace et le temps en tant que quatrième dimension), l'intimité et la sensibilité des spectateurs sont considérées comme les dimensions infinies de « l'espace matière » ou du « vide-substance », termes qui qualifient l'espace intérieur non comme le résultat inerte de l'architectonique, mais comme l'essence de l'architecture. Ainsi, les deux dimensions infinies apportent le « qualificatif émotionnel » à l'architecture (Gilsoul, 2010, p. 41-43). Puisque la fluidité en architecture est considérablement influencée et conditionnée par la fonction des bâtiments, cette partie de la thèse se concentre sur la dimension émotionnelle imposée par le programme architectural religieux. La fluidité laminaire sacrée est omniprésente en architecture depuis l'Antiquité jusqu'au présent. Néanmoins, le sentiment de sérénité, associé à la sacralité, est différemment suggéré à travers l'histoire de l'architecture. Les sentiments de solitude et de mystère introduits par le clair-obscur, l'expérience mystique exprimée par la lumière presque surnaturelle ou l'acalmie évoquée par les formes complexes en béton constituent les expressions de la fluidité laminaire sacrée.

La fluidité comme solitude

Parmi les temples de l'antiquité romaine, le Panthéon, le temple consacré à « tous les dieux », se remarque par l'interprétation de « l'espace intérieur comme l'expression d'une nouvelle dimension existentielle », en soulignant l'« harmonie préméditée d'un ordre cosmique » (Norberg-Schulz, 1991, p. 100-101). L'homme est placé au milieu de la *cella* dans un rapport vertical directe et « ouvert » avec les dieux. La centralité de la *cella*, l'axe vertical accentué par l'*oculus*, les caissons de la coupole rapportés au centre du pavement et non au centre de la sphère inscrite à l'espace intérieur du temple²⁶, constituent des éléments qui mettent en évidence l'importance de l'homme, du spectateur, dans la configuration spatiale. La sacralité ne suppose plus la centralité d'un dieu à l'intérieur de la *cella*, mais plutôt une relation

²⁶ « On a souvent dit qu'il était possible d'inscrire, à l'intérieur de cet espace, une sphère ayant un diamètre de 43,20 mètres. Mais il importe de noter que les caissons de la coupole n'ont pas de rapport au centre de cette sphère, mais au centre du pavement et donc au spectateur qui se trouverait à cette place. L'axe vertical ainsi défini monte librement vers le ciel à travers une grande ouverture au zénith » (Norberg-Schulz, 1991, p. 101).

métaphysique entre l'homme, centré dans la rotonde, et la divinité, comme un terme absolu qui vise « tous les dieux », placée vers le ciel. Ce rapport souligne l'importance de la perception de l'ambiance solennelle. Si la position centrale dans l'architecture imposante, caractérisée par la perfection géométrique, induit la vulnérabilité humaine face à une autorité suprême, le silence suscite la solitude²⁷ du spectateur. Pour la première fois, la lumière est pensée comme une liaison entre l'humanité et la divinité, le volume étant particulièrement conçu pour souligner ce rapport. Dans ce cas, la fluidité laminaire est évoquée par cette ambiance solennelle qui interroge « l'existence de l'homme dans l'espace » (*Ibid.*, 1991, p. 101).



© Irina Voda (photo)

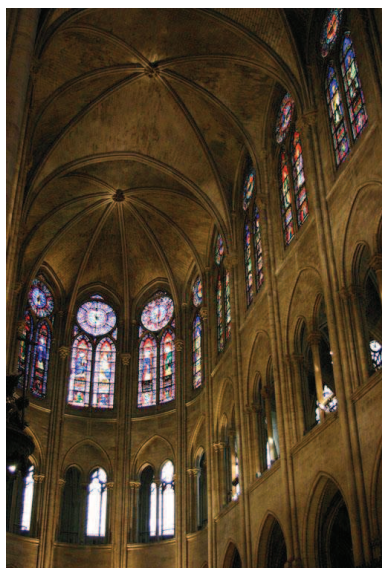
Figure 1. L'oculus comme source de lumière et ambiance (Panthéon, Rome, II^e siècle)

La fluidité comme mystère

L'idée de révéler, selon les dogmes religieux, une certaine ambiance par le système structural de l'édifice, est reprise par l'architecture gothique. Même si les deux types d'espaces architecturaux, du Panthéon et des cathédrales gothiques, interprètent l'ordre cosmique par une ambiance sereine, les moyens par lesquels cette fluidité mouvante laminaire est évoquée diffèrent. La transformation du système constructif, d'une approche stéréotomique à une

²⁷ « The silence of architecture is a responsive, remembering silence. A powerful architectural experience silences all external noise; it focuses our attention on our very existence, and as with all art, it makes us aware of our fundamental solitude » (Pallasmaa, 2012, p. 55).

approche tectonique²⁸, influence directement le jeu de lumière, l'élément principal par lequel la sacralité est représentée. Le passage d'un système structural lourd et fermé au système gothique, où la « légèreté devient la condition même de la performance » (Coste, 1997, p. 17), implique un rapport différent entre l'homme et la divinité. La question de la lumière dans l'espace des cathédrales gothiques devient un sujet controversé dans les dernières décennies. D'un côté, grâce au nouveau système structural qui permet des grandes ouvertures dans les murs, la lumière, en tant qu'« élément spirituel », inonde l'espace intérieur et « transforme la nature anthropomorphe de la matière » dans une « structure diaphane »²⁹. Dans ce cas, la « lumière divine » suppose la clarification et la compréhension de l'architectonique, de la « matière spiritualisée » (Norberg-Schulz, 1991, p. 222). La verticalité accentuée des cathédrales est ainsi interprétée comme l'ascension humaine vers la divinité, idée exprimée par une des maximes de Goethe : « les temples de l'Antiquité font converger la divinité dans l'homme ; les églises du Moyen-Âge en revanche tendent vers le Dieu des cieux » (Chane-Alune, 2013, p. 67). Erwin Panofsky considère les proportions gothiques comme un exemple d'harmonie qui matérialise l'aspiration vers l'infini.



© David Galvan (photo)



© Erik Drost (photo)

Source : flickr.com/photos/dgalvan/987154909 ; flickr.com/photos/edrost88/5986764105

Figure 2. La fluidité laminaire de l'intérieur de la Cathédrale Notre-Dame de Paris, XII^e-XIV^e siècle.
L'ambiance est le résultat de la lumière filtrée par des vitraux.

²⁸ Kenneth Frampton explique les termes de « stéréotomie » et de « tectonique » par leur étymologie. Ainsi la notion de tectonique (où son origine grecque « tekton » signifie « charpentier ») caractérise « les structures à ossature légère, par opposition au mode de construction lourd et en compression des ouvrages en maçonnerie » (Frampton, 2005, p. 18).

²⁹ Christian Norberg-Schulz introduit le terme de « dématérialisation » comme « fonction d'illumination » de la masse (matière) : « Cette dématérialisation est donc toujours fonction de la lumière et il faut éviter de la confondre avec la dématérialisation purement technique de la construction en squelette moderne. [...] la pénombre de l'église romane cède devant la vision gothique de la lumière. [...] la cathédrale gothique transmet, à la communauté entière, l'ordre symbolique qui résulte de l'interaction de la lumière et de la matière » (Norberg-Schulz, 1991, p. 218).

De l'autre côté, l'infini n'est pas associé au cosmos et à l'ordre divin car tout ce qui est indéterminé et illimité incarne, conformément à la pensée grecque, le chaos. Nous avons déjà analysé l'architectonique des cathédrales gothiques comme une multiplication de la matière à l'infini, en évoquant la géométrie fractale et implicitement, le chaos. Ainsi, la hauteur et la verticalité « n'ont pas pour but d'élever la pensée, mais de la laisser *interdite* afin qu'il ne reste plus au pèlerin écrasé sous son poids qu'à s'abandonner à la transcendance divine » (*Ibid.*, 2013, p. 76). Par sa dimension chaotique, l'architectonique exprime l'imperfection et l'humilité humaine face au Dieu. L'intérieur n'est pas baigné dans une lumière qui éclaircit l'harmonie architecturale, mais il demeure dans une pénombre qui souligne l'éclat des vitraux comme des accents sacrés dans un monde profane. Roland Recht apprécie l'espace gothique comme un espace « cinétique », défini non par l'« omniprésence de la lumière », mais plutôt par « le mystère et l'inquiétude suscités par l'obscurité contrastent avec la lumière » (*Ibid.*, 2013, p. 12). Même si la lumière est filtrée par des vitraux, l'ambiance évoque une fluidité mouvante laminaire, sereine et solennelle car la pénombre induit, outre la profondeur de la matière, l'absorption de la lumière³⁰ et implicitement de l'esprit divin.

La fluidité comme illumination surréaliste

L'ambiance, en tant que fluidité laminaire, peut être évoquée par plusieurs moyens. Si dans les cathédrales gothiques, la lumière filtrée par des vitraux souligne le mystère de l'espace intérieur, dans les églises baroques, et notamment dans les églises de Borromini, la lumière est même plus intense que la lumière naturelle, elle est presque surnaturelle. Anne Surgers analyse l'architecture religieuse de Borromini, exemplifiée par l'église Sant'Ivo alla Sapienza, comme une question de gradation. Le parcours graduel formel³¹ est doublé par une gradation de la lumière, « de la lumière réelle à une clarté perçue comme surnaturelle », en évoquant le sublime comme une « expérience mystique » (Surgers, 2007, p. 196- 197). La perception de la lumière dans les églises baroques diffère selon l'approche architecturale. Borromini et Bernini sont les deux architectes remarquables de la période baroque et même si le système structural de leurs églises est similaire, l'espace intérieur se transforme selon les matériaux, les couleurs et les formes utilisées. Les matériaux nobles et colorés, comme le marbre foncé ou l'or, utilisés par

³⁰ « The shadow gives shape and life to the object in the light. It also provides the realm from which fantasies and dreams arise. The art of chiaroscuro is a skill of the master architect too. In great architectural spaces, there is a constant, deep breathing of shadow and light; shadow inhales and illumination exhales light » (Pallasmaa, 2012, p. 51).

³¹ Le parcours formel est une gradation « de l'horizontale à la verticale ; du bas vers le haut ; de la droite à la courbe ; du rectangle au triangle équilatéral, au cercle et à la sphère ; de la terre vers le ciel ou sa représentation symbolique [...] » (Surgers, 2007, p. 196-197).

Bernini absorbent la lumière, tandis que la pureté des intérieurs³² de Borromini, qui utilise des matériaux moins chers et la couleur blanche, reflète la lumière. Ainsi, cette « lueur particulière » détermine un espace inondé par une luminosité intense qui introduit la divinité parmi l'humanité. Néanmoins, le jeu d'ombres et lumières, présent dans les cathédrales gothiques, est conservé aussi dans l'architecture religieuse baroque³³, mais à un degré différent. La lumière n'est plus filtrée par des vitraux, mais elle crée des contrastes et des raccourcis par l'« incidence rasante du rai lumineux » (Argan, 1996, p. 63). La « lumière rasante »³⁴ souligne les formes architecturales, en assurant cependant la fluidité laminaire aussi bien par la compréhension spatiale que par le sentiment de tranquillité et calme.

La fluidité entre mystère et surréalisme

La lumière filtrée par des vitraux et l'ambiance surnaturelle s'imbriquent dans une émotion ineffable à l'intérieur de Sagrada Familia de Gaudi. Grâce à l'originalité des formes et à l'éclairage, son atmosphère féérique incomparable séduit non seulement les fidèles, mais aussi le public sceptique. Une analyse détaillée de ce bâtiment et même de son ambiance pourrait être elle-même le sujet d'une thèse. Notre objectif est de « positionner » l'atmosphère de ce bâtiment parmi les exemples de la fluidité laminaire, en soulignant les éléments par lesquels cette fluidité mouvante s'exprime. Même si, grâce à l'unicité de l'église de Gaudi, une comparaison entre la Sagrada Familia et d'autres édifices religieux semblerait inutile, nous considérons son atmosphère intérieure comme une hybridation entre l'atmosphère gothique et l'atmosphère baroque. L'ambiance gothique est mise en évidence à la fois par la verticalité de l'édifice et par la lumière filtrée dans un jeu incessant de couleurs. Contrairement à l'approche gothique, par laquelle les vitraux sont considérés comme des éclats divins dans une pénombre humaine, les vitraux de la Sagrada Familia sont des éléments de transition qui transforment la lumière naturelle diffuse en émotion surnaturelle.

³² Contrairement à Bernini, Borromini utilise des matériaux moins chers, le blanc étant la couleur utilisée pour ses espaces intérieurs. Cette couleur, très présente à l'intérieur de l'église San Carlo alle Quattro Fontane ou Sant'Ivo alla Sapienza induit une pureté spatiale qui n'existe pas à l'intérieur de Sant'Andrea al Quirinale.

³³ « Naturellement, pour brouiller les frontières de l'opposition traditionnelle entre le clair et l'obscur, Borromini devait d'abord rompre l'équilibre lui aussi traditionnel entre les pleins et les vides. [...] Borromini définit plus les rapports entre les pleins et les vides par les nuances de teintes que par les formes » (Argan, 1996, p. 59).

³⁴ Le positionnement oblique des formes par rapport à la lumière crée des contrastes de lumière et ombre : « Ses structures sont presque toujours disposées obliquement par rapport au plan sur lequel le contraste direct entre le vide et le plein détermine ce que l'on pourrait appeler la source intérieure du luminisme borrominien. Ce fait, résolument nouveau dans l'histoire de l'architecture, a des conséquences imprévues. D'abord, si les éléments de la composition doivent surgir sous une lame de lumière oblique, la composition tendra alors à se rapprocher le plus possible du plan, et non pas du plan simple (qui restituerait inévitablement une illumination uniforme), mais d'une profondeur raccourcie, réduite à sa plus simple expression, et permettant toujours – fût-elle parfois illusoire – le jeu des contrastes et la projection des ombres » (*Ibid.*, 1996, p. 63).

En considérant, d'un côté, l'Art Nouveau comme une réaction à l'éclectisme du XIX^e siècle et implicitement à l'architecture classique et, de l'autre côté, l'intérêt particulier de Gaudi pour l'architecture gothique (Roe, 2009, p. 12), l'analogie à l'atmosphère gothique semble pertinente, tandis que l'analogie à l'ambiance baroque peut paraître étonnante.



© Antoni Gaudi (architecte) ; Irina Voda (photo)

Figure 3. La coexistence du mystère et du surréalisme dans la Sagrada Família, Barcelone, 1882 (début de la construction).

Les vitraux sont des éléments de transition qui transforment la lumière naturelle diffuse en émotion surnaturelle et évoque le mystère (ci-dessus). La lumière non filtrée est reflétée par les géométries complexes de Gaudi et, similairement aux églises baroques, évoque le surréalisme (à droite).

Celle-ci est évoquée par l'illumination intense et non filtrée des vitraux, qui accentue « l'amalgame d'hyperboloïdes de révolution, paraboïdes hyperboliques et fragments planes qui forment les voûtes du plafond et les fenêtres soutenues par les colonnes hélicoïdales » (Burry, 2011, p. 85). L'illumination surréaliste, présente dans les espaces intérieurs baroques, caractérise l'intérieur de la Sagrada Família. Il existe toujours une corrélation entre la lumière et la géométrie complexe utilisée par Gaudi car l'effet de la lumière est influencé par les surfaces mathématiques³⁵. La couleur blanche de ces formes reflète tous les effets lumineux. Ainsi, l'espace intérieur est baigné dans une lumière féérique, un fluide divin qui transpose le public dans un monde magique.

³⁵ Par rapport aux surfaces mathématiques, Mark Burry affirme : « [...] we have seen their effect on light which Gaudi describes as gliding along the surfaces » (Burry, 2011, p. 85).

La fluidité comme illumination du béton

La lumière... cet élément qui transforme l'espace en émotion et le jeu savant de volumes en architecture. Dans l'architecture religieuse de Le Corbusier, afin de souligner un certain caractère spatial, la représentation de la lumière est différemment pensée. La chapelle Notre-Dame-du-Haut à Ronchamp [1955], le couvent Sainte-Marie de la Tourette [1957] ou l'église Saint-Pierre de Firminy [1973-2006] sont des exemples singuliers, qui se distinguent non seulement par leur volumétrie, mais aussi par la manière d'aborder la lumière. Du point de vue de la fluidité, l'architecture de ces trois bâtiments souligne la complexité du concept : si la fluidité figée est différente pour chaque édifice, la fluidité mouvante est toujours laminaire. La fluidité architectonique du couvent Sainte-Marie de la Tourette est presque inexistante mais, la lumière dirigée à l'intérieur, soit par des fentes horizontales soit par des « lueurs zénithales », évoque la fluidité mouvante par une atmosphère solennelle. Dans ce cas, la fluidité laminaire souligne le brutalisme et l'orthogonalité du volume³⁶.



© Le Corbusier (architecte) ; Duncan Standridge (photo)

Source : flickr.com/photos/duncan1013/3475106285 ; flickr.com/photos/duncan1013/3475916172

Figure 4. L'atmosphère du couvent Sainte-Marie de la Tourette, Le Corbusier, 1957.

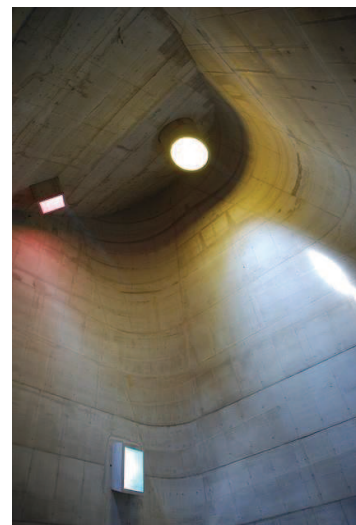
En revanche, à Saint-Pierre de Firminy, la fluidité mouvante, exprimée par des faisceaux ponctuels de lumière, souligne la fluidité formelle du bâtiment. Les lignes d'inflexion qui entourent le volume sont mises en évidence par des séries de découpes qui suivent leur ondulation, tandis que la verticalité de l'édifice est accentuée par trois découpes zénithales différents. Le ciel est évoqué par la constellation formée par des petits orifices percés dans le mur ondulé.

³⁶ Selon Philippe Potié, « ce jeu de découpes brutalistes renforce l'orthogonalité du volume et la boîte de béton paraît plus rude » (Potié, 2001, p. 54).

La lumière, en tant que représentation de la divinité, glisse de différentes manières à l'intérieur. Cette variation de représentations de la lumière est valable pour toute l'architecture religieuse de Le Corbusier.

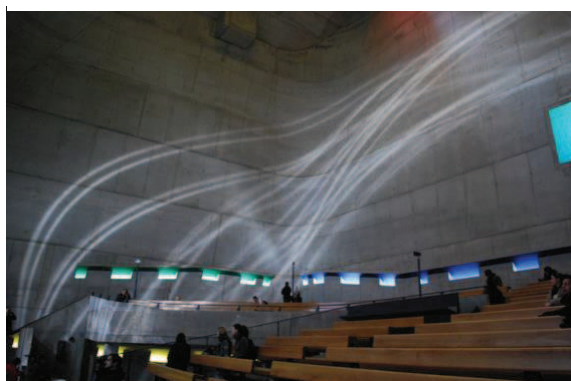


© Pieter Morlion (photo)

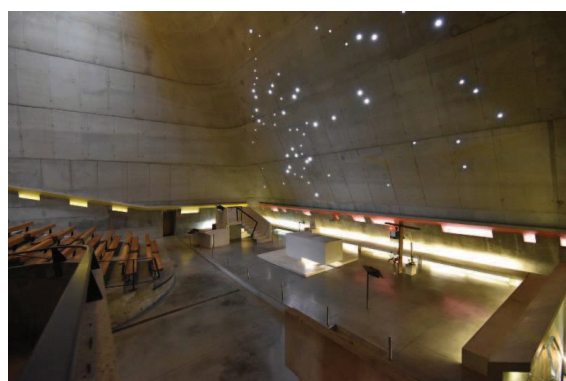


© Ryan Tolene (photo)

Source : flickr.com/photos/pietermorlion/3318905702 ; flickr.com/photos/ryantolene/487341054



© Duncan Standridge (photo)



© Richard Weil (photo)

Source : flickr.com/photos/duncan1013/3475926716 ; flickr.com/photos/super_lapin/16684165140

Figure 5. L'atmosphère de l'église Saint-Pierre de Firminy, Le Corbusier, 1973-2006.

Quant à la chapelle Notre-Dame-du-Haut à Ronchamp, nous avons déjà analysé sa volumétrie comme l'expression de la continuité formelle. Les « multiples vocations »³⁷ de la lumière soulignent non seulement la fluidité des formes architectoniques, mais aussi le contraste entre les formes douces en béton armé et sa texture granuleuse, entre les fentes fines qui séparent le toit du corps de la chapelle et les niches vitrées dans le mur sud. Dans ce contexte, la lumière devient un matériau « apprivoisé »³⁸ par lequel Le Corbusier « organise une mise en scène

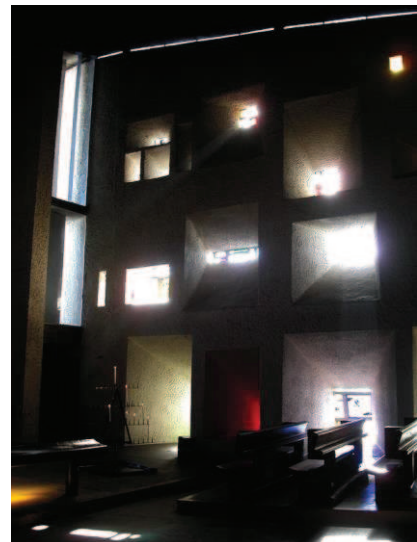
³⁷ « La lumière, ici plus qu'ailleurs, a de multiples vocations. Elle assure grâce et légèreté au bâtiment, souligne les détails « anatomiques », perfore les masses opaques, désigne les espaces et participe à leur lecture » (Cousin, Bouviers, 2005, p. 83).

³⁸ « La lumière est, si l'on peut dire, le matériau par excellence avec lequel l'architecte compose, construit, afin de créer un lieu de pénombre et de mystère. Ce matériau est, certes, des plus impalpables, des plus incontrôlables. Pourtant, Le Corbusier parvient presque à l'apprivoiser, à le faire entrer dans le jeu architectural, à lui accorder le rôle primordial » (Pauly, 1980, p. 114).

minutieusement étudiée [...] en créant une ambiance différente selon les moments de la journée et selon les jours de l'année » (Pauly, 1980, p. 114). La fluidité mouvante laminaire de la chapelle de Notre-Dame-du-Haut souligne sa fluidité figée. Le jeu de lumières qui définit l'ambiance de Le Corbusier est une composition de lumière blanche et des accents colorés, associée aux découpages en formes pures. L'ambiance de Le Corbusier est toujours une fluidité laminaire recherchée.



© Rory Hyde (photo)



© Scarlet Green (photo)

Source : flickr.com/photos/roryrory/2501817294 ; flickr.com/photos/9160678@N06/2088254911

Figure 6. L'atmosphère de la chapelle de Notre-Dame-du-Haut (Le Corbusier, Ronchamp, 1953-1955) en fonction des moments de la journée.

Ainsi, l'ambiance des espaces sacrés dépend de plusieurs paramètres, mais l'élément le plus important est la transformation de la lumière naturelle, qui représente la divinité, en formant de l'ambiance. Néanmoins, cette transformation n'est pas possible sans la pensée structurale. Chaque architecture que nous avons présentée correspond à une certaine pensée structurale et formelle : les cathédrales gothiques passent d'un système stéréotomique à un système tectonique, l'architecture des églises baroques se concentre sur la coupole comme source de divinité, l'unicité et l'originalité de Sagrada Familia réside dans la complexité des formes, à la fois mathématiques et organiques, traduite par la complexité du jeu de lumières et enfin, l'architecture religieuse de Le Corbusier est caractérisée par des formes en béton armé, matériau qui permet les inflexions volumétriques.

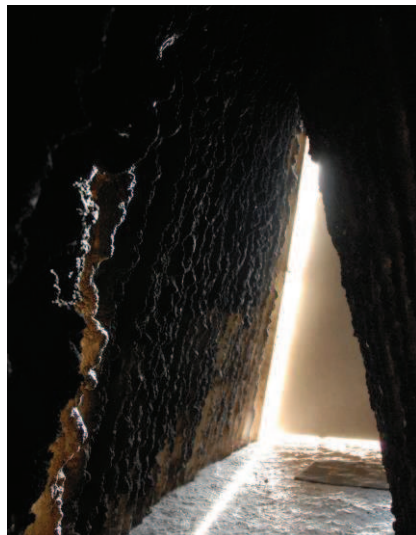
La fluidité comme transition du laminaire au turbulent

En contemporanéité, le principe selon lequel la lumière représente la divinité se conserve, mais les moyens pour atteindre cet objectif diffèrent. Aujourd'hui, il existe une aspiration pour des

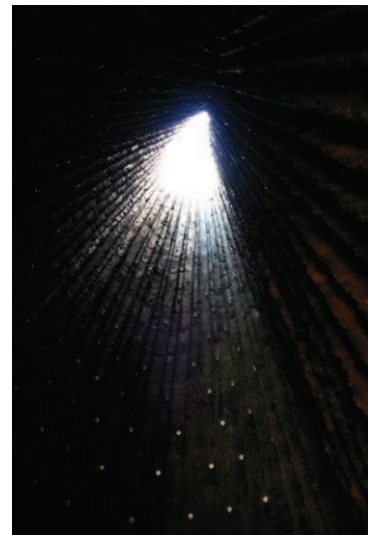
émotions inédites, des ambiances inhabituelles et des sensations inexpérimentées auparavant. Cet élan se trouve aussi dans l'architecture sacrée, notamment dans l'architecture des chapelles. Afin d'exemplifier les techniques par lesquelles la recherche des nouvelles expressions de l'ambiance se matérialise, nous proposons deux exemples : la chapelle Saint-Nicolas-de-Flüe [2007] à Mechernich en Allemagne par Peter Zumthor et la chapelle *Reading Between the Lines* (Lire entre les lignes) [2011] à Looz en Belgique par Gijs van Vaerenbergh. Pour ce qui est de la fluidité figée, ces deux projets se situent dans un rapport antagonique : le volume prismatique monobloc, lourd et opaque de la chapelle de Zumthor s'oppose au volume dématérialisé, léger et translucide de la chapelle de Van Vaerenbergh. Apparemment, excepté le programme architectural, les deux projets n'ont rien en commun. Quant à l'ambiance, même si le programme religieux impose une fluidité laminaire absolue, dans les deux cas, la fluidité mouvante laminaire a des accents turbulents. L'atmosphère, évoquée par des formes, matériaux et techniques différents, exprime globalement la dimension divine et la sérénité de la fluidité laminaire. Le rapport entre divinité et humanité est traduit par la présence d'un sentiment



© Albert Vieten (photo)



© seier+seier (photo)



© Martin Willms (photo)

Source : flickr.com/photos/tele200/8857719426 ; flickr.com/photos/seier/3122721913 ; flickr.com/photos/mwillms/2277906744

Figure 7. La chapelle Saint-Nicolas-de-Flüe de Peter Zumthor, Wachendorf, 2007.

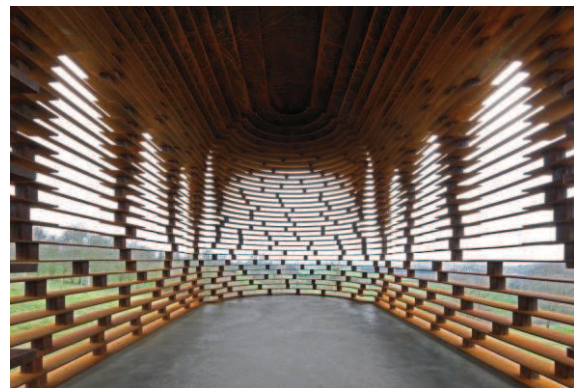
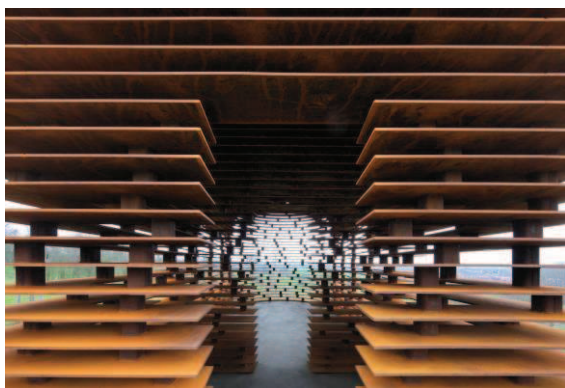
d'angoisse ou d'incertitude, une émotion complètement nouvelle dans les espaces sacrés³⁹.

Dans la chapelle de Saint-Nicolas-de-Flüe, l'espace intérieur est déterminé par une structure irrégulière de 112 troncs de pins qui, au sommet, laisse passer la lumière par un orifice. Autour de cette composition, qui constitue en réalité une surface réglée, un volume prismatique en béton est conçu. Après avoir brûlé les troncs, l'espace intérieur est défini par une forme ondulée

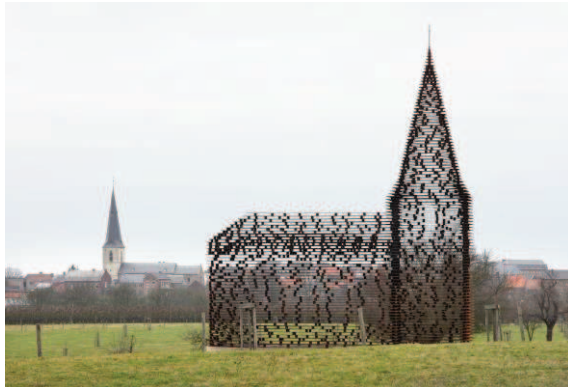
³⁹ Nous parlons ici uniquement de l'architectonique et de son rapport à la lumière. Nous ne nous intéressons pas aux peintures murales qui parfois présentent en antithèse le paradis et l'enfer et par lesquelles le sentiment d'angoisse et de peur est particulièrement recherché.

et noircie, éclairée uniquement par l'orifice de la partie supérieure. Dans ce cas, la flamme incarne littéralement la fluidité comme une technique pour concevoir l'ambiance. L'oculus, en tant que résultat du positionnement de troncs de pins, ne détermine plus exclusivement la compréhension de l'espace et la relation de l'humanité avec la divinité mais, par l'effet de perspective, il introduit l'incertitude. Est-ce qu'il (l'oculus) représente le ciel ou l'abîme ? La chapelle est en réalité construite autour du vide, de l'espace intérieur, qui incarne l'essence de l'édifice. En outre, l'effet de clair-obscur souligné auparavant se réduit maintenant plutôt au ténébrisme⁴⁰.

La chapelle *Reading Between the Lines* est une composition de « lignes » en métal qui, par leur superposition totale ou partielle, suggère la silhouette d'une église chrétienne commune. La volumétrie est totalement dématérialisée et sa perception change selon la position du spectateur : des certains positions, le spectateur découvre une chapelle totalement fermée, (grâce à la perspective, les « lignes » se superposent intégralement), tandis que d'autre positions restituent seulement l'allure formelle de la chapelle (le volume est suggéré par une série de lignes parallèles).



⁴⁰ Le ténébrisme est une technique de peinture qui fait partie de la technique du clair-obscur, mais contrairement au celui-ci, les contrastes sont plus intenses. L'image souligne une partie intensément éclairée, entourée par une ombre profonde.



© Gijs Van Vaerenbergh (architecte) ; Filip Dujardin (photo)

Source : flickr.com/photos/tele200/8857719426 ; flickr.com/photos/seier/3122721913 ; flickr.com/photos/mwillms/2277906744

Figure 7. La chapelle *Reading between the lines*, Gijs Van Vaerenbergh, Looz (Limburg), 2011.

L'incertitude, vis-à-vis de la difficulté de saisir les limites et de différencier l'intérieur de l'extérieur, est l'expression de la structure imbriquée de la chapelle. L'incertitude est aussi évoquée par la relation entre humanité et divinité car si la lumière, et dans ce cas la transparence de l'architecture, représente la divinité, est-ce que celle-ci peut se « fermer » totalement selon la position du fidèle ? Est-ce que nous pouvons penser la chapelle selon les positions privilégiées du fidèle face à la divinité ? Cette dernière question souligne à nouveau le choix pour la méthode antique (selon des instants privilégiés) du « montage atmosphérique ».

L'incertitude, par les accents turbulents induits dans la fluidité laminaire, constitue l'élément inédit dans l'ambiance sacrée. Afin de créer une certaine ambiance, cette nouvelle hybridation entre laminaire et turbulent dépend à la fois du discours architectural et du système constructif employé. Les deux exemples choisis mettent en évidence deux manières complètement différentes par lesquelles une ambiance similaire est suggérée, situation qui démontre la complexité du langage architectural et du processus de conception afin d'arriver à des résultats similaires.

6.2.b) La fluidité entre réel et virtuel

A travers l'histoire, la fluidité laminaire a défini l'architecture sacrée. Même si l'architecture religieuse contemporaine introduit des accents turbulents, l'ambiance sereine est toujours conservée, la fluidité laminaire étant déterminante pour ces édifices. Cependant, en ce qui concerne les autres programmes architecturaux, qui n'imposent pas une correspondance avec la divinité, les expressions turbulentes sont plus fréquentes, notamment dans l'architecture contemporaine. La question du réel et du virtuel ne peut pas être uniquement résumée à une série d'antinomies : l'architectonique et l'ambiance, où le réel est associé au tangible et le virtuel

à l'ineffable ; laminaire et turbulent, où le réel est associé à la compréhension de l'espace et le virtuel à la confusion ; concepts réalisés et concepts numériques, où le réel est associé à la concrétisation et le virtuel à la potentialité du projet. Nous considérons l'ambiance comme une hybridation complexe et inhomogène entre réel et virtuel, générée par des moyens matériels, reliés à l'architectonique, ou immatériels, reliés à la sensorialité. L'atmosphère créée par des moyens matériels, comme des filtres transparents ou translucides superposés, implique une perception plutôt visuelle, tandis que l'atmosphère créée par des moyens immatériels suppose une perception qui implique l'ensemble de sens. Néanmoins, la perception de l'atmosphère ne dépend pas uniquement du sensoriel, mais aussi de l'« affect »⁴¹ car la « sensibilité ne se réduit [...] pas aux seules sensations (objets appréhendés "organiquement" par les sens au travers du corps) mais suppose d'en être affecté, d'éprouver des sentiments » (Gilsoul, 2010, p. 55). Dans ce contexte, la fluidité de l'ambiance (la fluidité mouvante) constitue la « traduction » affective des sensations en qualités architecturales. Cette relation n'implique pas l'association du réel aux sensations et du virtuel aux affects, mais elle décrit la manière d'analyser la fluidité en architecture, d'autant que la distinction entre la fluidité laminaire et la fluidité turbulente suppose des critères émotionnels.

Puisque nous analysons le virtuel rapporté à la fluidité, il nous semble impératif de préciser que ce chapitre ne se réfère pas à l'architecture virtuelle, sujet très en vogue depuis le milieu des années 1990. L'architecture virtuelle englobe les productions architecturales qui provoquent le potentiel numérique. Ces recherches formelles, parfois gratuites, sont justifiées par un discours « souvent aussi impénétrable qu'il se veut savant » (Didelon, 2003, p. 10). Nous avons déjà abordé différentes perspectives de ce sujet dans cette thèse, par des chapitres comme « L'architecture organique » ou « La continuité formelle ». Nous ne nous intéressons pas à la recherche formelle par le biais des outils numériques, mais plutôt à la création des événements, et implicitement des affects. Afin de trouver la place de la fluidité entre réel et virtuel, nous proposons une analyse de la transparence comme moyen dichotomique générateur de l'ambiance. Cette dichotomie suppose la capacité de générer aussi bien une fluidité laminaire qu'une fluidité turbulente, en fonction de son degré. Aujourd'hui, il existe beaucoup d'éléments architecturaux qui suscitent une certaine ambiance. L'interactivité (la réaction du bâtiment aux

⁴¹ Nous n'analysons pas en détail la notion d'« affect », définie par Spinoza, Henry Bergson, Gilles Deleuze, Felix Guattari ou Brian Massumi, mais nous la considérons comme le « sens *immanent* », un événement émergé de la « sphère du virtuel ». En ce qui concerne l'art, l'événement est considéré comme l'élément immanent au monde. Dans la sphère du virtuel, l'objet n'est plus un objet, mais *event site* (lieu de l'événement) : « In the realm of the virtual, art - art work - is no longer an object as such, or not only an object, but rather a space, a zone or what Alain Badiou might call an "event site": "a point of exile where it is possible that something, finally, might happen" » (O'Sullivan, 2001, p. 127)..

stimuli créés par des visiteurs), la fracture comme moyen d'introduire la confusion ou même la continuité formelle comme expression de l'incertitude constituent des facteurs qui influencent la fluidité en architecture. Mais l'hybridation de ces facteurs varie selon chaque bâtiment et leur analyse au dehors du cas concret serait superficielle et insensée. Quant à la transparence, elle constitue une source inépuisable d'effets atmosphériques différents, de la tranquillité à l'anxiété, de l'évidence à l'indétermination, de la certitude à l'illusion. Si l'interactivité, la fracturation ou la continuité ont un caractère plutôt individuel, en dépendant beaucoup du programme architectural de l'édifice, la transparence a un caractère général car ses expressions esthétiques multiples peuvent s'adapter aux plusieurs cas.

Le caractère dichotomique de la transparence en peinture

Le caractère dichotomique de la transparence, capable de générer aussi bien la fluidité laminaire que la fluidité turbulente, ne se réfère pas à sa définition du dictionnaire, qui propose deux sens : le sens propre, lié à la matérialité (la transparence du milieu – qui laisse passer le flux lumineux) et le sens figuré, lié à ce qui est intelligible et compréhensible (la transparence du style, la transparence du système, etc.). Il suppose la présence de l'ambiguïté, de l'illusion comme émotion créée par la transparence. Cette ambiguïté, un « autre degré du sens de la transparence », n'est pas une idée nouvelle, développée en contemporanéité, mais elle a été analysée, en tant que sentiment suscité par « les couches transparentes superposées », par Gyorgy Kepes dans son *The Language of Vision* en 1944 : « [...] la transparence signifie percevoir simultanément différentes couches spatiales. Non seulement l'espace se déploie, mais il est fluctuant, et ce, en une activité permanente. Quand chacune des figures transparentes apparaît, tantôt comme celle qui est la plus proche de nous, tantôt la plus éloignée, leur position acquiert alors un sens ambivalent » (Rowe, Slutzky, 1992, p. 37). Suivant cette définition, Colin Rowe et Robert Slutzky instaurent la transparence comme sujet central de leurs différents essais en 1955-1956. Ils considèrent la transparence comme une qualité inhérente au matériau (comme le mur rideau), la transparence réelle ou figurée, ou comme une qualité particulière du mode d'organisation, la transparence virtuelle ou transposée (*Ibid.*, 1992, p. 38). Afin d'exemplifier la « sensibilité » de la transparence au sens figuré et au sens transposé, ils font appel à leur origine : la peinture cubiste. Ainsi, *Le Clarinettiste* de Picasso, par son trait « si indépendant de son arrière-plan, que le spectateur a l'impression d'une figure littéralement transparente, positionnée dans un espace relativement profond », représente la transparence figurée, tandis que *Le Portugais* de Braque, par son « espace premier sans profondeur », déterminé par « un entrelacs très sophistiqué de trame horizontales et verticales, formé par des lignes segmentées

et des surfaces qui s'interpénètrent », représente la transparence transposée. En ce qui concerne la peinture, la différence essentielle entre la transparence réelle et la transparence virtuelle réside, selon Rowe et Slutzky, dans la profondeur spatiale⁴². Ce principe est aussi valable en architecture, où la villa construite par Le Corbusier à Garches constitue un exemple de transparence virtuelle, tandis que le bâtiment du Bauhaus à Dessau de Gropius se remarque par une transparence réelle⁴³. Nous observons que l'analyse de la transparence en peinture et en architecture diffèrent : en peinture, la troisième dimension est seulement évoquée tandis qu'en architecture, celle-ci est une certitude. Ainsi, l'analyse de Rowe et Slutzky est fondée sur deux expressions non homologues de la transparence : si l'une d'entre elles vise le caractère concret du verre qui, grâce à sa matérialité permet la profondeur spatiale, l'autre vise la perception de la superposition de plans transparents qui efface la profondeur spatiale et induit le sentiment d'ambiguïté et, implicitement, de virtualité.

Le caractère dichotomique de la transparence en architecture

En ce qui concerne la fluidité architecturale, cette dualité de la transparence est traduite d'une manière similaire, mais non fidèle. La différence réside dans les qualités matérielles des plans transparents, c'est-à-dire le degré de réflexion ou de transmission lumineuse, de translucidité ou de clarté, qui influencent la perception spatiale. La transparence totale (la vitre extra-claire) ou la réflexion totale (le miroir) évoquent le type de fluidité mouvante. En général, grâce à la clarté de sa matérialité, la transparence totale évoque la fluidité laminaire, tandis que le miroir évoque la fluidité turbulente car « toutes les images que le miroir réfléchit sont renversées et "préservées" » et donc, « il n'y a pas de dialogue entre l'objet et l'image qui nous est retournée » (Tafari, Dal Co, 1991, p. 129). L'ambivalence de la transparence du point de vue de la fluidité mouvante est exemplifiée par l'architecture des expressionnistes cristallins⁴⁴ et l'architecture de Jean Nouvel.

⁴² « Nous constatons que la transparence réelle est liée à l'effet de trompe l'œil d'un objet perméable à la lumière dans un espace profond, "naturaliste" ; tandis que la transparence virtuelle existe quand un peintre cherche à représenter précisément des objets disposés frontalement dans un espace sans profondeur, "abstrait" » (Rowe, Slutzky, 1992, p. 50).

⁴³ « [...] si nous pouvons établir un lien entre l'œuvre de Le Corbusier et celle de Fernand Léger, il nous semble aussi approprié de voir un lien entre les recherches de Gropius et celles de Mooly-Nagy. L'intérêt principal de Moholy s'est toujours porté sur l'aspect du verre, du métal, les matières réfléchissantes et la lumière. Gropius lui aussi, dans les années vingt tout au moins, semble s'intéresser à l'utilisation de matériaux pour leurs qualités intrinsèques (*Ibid.*, 1992, p. 62).

⁴⁴ Dans l'architecture expressionniste nous trouvons deux tendances majeures : la tendance organique et la tendance « cristalline ». Nous avons déjà mentionné cette division dans le chapitre « L'architecture organique : une évolution vers la morphogénèse architecturale ». En outre, nous avons considéré l'expressionniste Hermann Finsterlin comme l'architecte visionnaire qui a eu une influence importante dans le développement de l'architecture-sculpture, son œuvre étant analysée dans le chapitre « La continuité formelle ». Si Erich Mendelsohn ou Hans Scharoun suivent la direction organique, Wenzel Hablik ou Wassili Luckhardt suivent la direction cristalline.

En imaginant une architecture entièrement en verre, qui peut apporter « une nouvelle civilisation »⁴⁵, le visionnaire expressionniste Paul Scheerbart révèle une fluidité architecturale laminaire. En outre, la signification du cristal est liée à une sorte de sacralité non religieuse, car ce cristallin exprime l'« infini du cosmos », de l'univers. D'une manière similaire à l'architecture sacrée, l'architecture expressionniste cristalline souligne, selon Worringer, les deux pôles : la vie, l'humanité et « la forme absolue », l'inorganique, le sacré, représenté par la « régularité géométrique ». Par cette régularité géométrique, « l'homme aspire à se délivrer de toute forme de hasard » (Pehnt, 1998, p. 32). Puisque les expressionnistes refusent non seulement le hasard mais aussi le miroir⁴⁶, l'architecture cristalline évoque une ambiance laminaire, limpide et sans dissimulations, en constituant la perspective réelle de la transparence.

Contrairement à la fluidité laminaire de l'architecture expressionniste, le dialogue entre Jean Baudrillard et Jean Nouvel met en évidence l'aspect virtuel et implicitement la fluidité turbulente de la transparence en architecture. L'ambiguïté de la transparence est utilisée pour créer un « espace de séduction », un « espace virtuel d'illusion », un « espace qui n'est pas lisible », un « espace qui serait le prolongement mental de ce que l'on voit » (Baudrillard, Nouvel, 2000, p. 17). Ce prolongement mental est fondé sur l'imbrication des attributs de la transparence avec des notions empruntées au cinéma, comme la séquence, le déplacement, la vitesse. La Fondation Cartier constitue le meilleur exemple d'ambiguïté perceptive car, selon le discours architectural de Jean Nouvel, ce projet est un mélange volontaire de réel et de virtuel par un « abus de sens »⁴⁷. Cette ambiguïté, entre les images réelles et les images reflétées, détermine une fluidité mouvante turbulente. Celle-ci est évoquée par une série de filtres transparents découpés et superposés, composée avec des éléments végétaux et des éléments éphémères, comme les réflexions des nuages.

⁴⁵ Dans son *Architecture de verre*, Paul Scheerbart explique le développement de la civilisation par l'« ouverture » spatiale. Cette « ouverture » spatiale est possible par l'utilisation du verre : « Notre civilisation est dans une certaine mesure un produit de notre architecture ; si nous voulons élever son niveau, nous devons donc, bon gré mal gré, transformer notre architecture. Et cela ne sera possible que si nous faisons en sorte que les pièces dans lesquelles nous vivons n'aient plus ce caractère clos. Le seul moyen d'y parvenir est l'adoption d'une architecture de verre, qui laisse pénétrer la lumière du soleil et la clarté de la lune et des étoiles dans les lieux d'habitation non seulement par quelques fenêtres, mais également par le plus grand nombre possible de murs – de murs entièrement en verre, et en verres de couleur » (Scheerbart, Payot, 1995, p. 29).

⁴⁶ « Un danger à éviter : les effets de miroir [...] On fera bien d'éviter le miroir, sans doute justifié partout où l'on recherche des effets de kaléidoscope, dans tous les autres cas ; il est dangereux...comme un poison » (*Ibid.*, 1995, p. 53).

⁴⁷ « [...] dans le même plan je ne sais jamais si je vois l'image virtuelle ou l'image réelle. Si je regarde la façade, comme elle est plus grande que le bâtiment, je ne sais pas si je vois l'image virtuelle ou l'image réelle. [...] Ce sont des moyens pour l'architecte de créer un espace virtuel ou un espace mental, c'est une façon d'abuser les sens, et c'est surtout une façon de conserver un territoire de déstabilisation » (Baudrillard, Nouvel, 2000, p. 20).

En architecture, les couches transparentes transforment l'ambiance selon les moments de la journée. Si la lumière naturelle permet la réflexion de l'environnement dans les écrans de verre, en dissolvant le volume, pendant la nuit, la lumière artificielle de l'intérieur peut « matérialiser » la masse, en soulignant la silhouette du bâtiment. Donc, la fluidité turbulente dans une lumière naturelle peut se transformer en fluidité laminaire pendant la nuit. Néanmoins, la limite entre réel et illusion, entre serein et agité, entre laminaire et turbulent ne peut pas être généralisée car elle dépend de chaque projet et implicitement, de chaque discours architectural.

LA DEUXIEME PARTIE

**L'analyse « fluide » des exemples architecturaux
contemporains**

Introduction à la méthode d'analyse des études de cas

La première partie de la thèse se concentre sur la définition de la fluidité architecturale. L'objectif de cette partie est de trouver les « filtres », les critères de la fluidité par lesquels différents exemples architecturaux soient analysés. La deuxième partie se focalise sur l'analyse des projets contemporains, où le processus de conception du projet, décrit par le discours architectural, devient un aspect plus important que dans l'architecture historique. Aujourd'hui, les architectes peuvent arriver à des résultats similaires par des processus de conception différents, c'est-à-dire qu'il existe des projets similairement perçus par le public, mais leurs approches formelles, spatiales ou sensibles différent. Dans ce contexte, la fluidité devient une qualité architecturale non seulement perçue par le public, mais aussi recherchée par le concepteur. La recherche du concepteur se réfère aussi bien à son intention qu'au processus du projet, les deux étant habituellement présentes dans son discours architectural.

Puisque l'objectif de cette thèse est d'éclaircir la compréhension imprécise et floue de la fluidité, nous interrogeons, par les quatre chapitres de la première partie de la thèse, la capacité de la fluidité à constituer un paramètre définitoire de l'architecture, particulièrement de l'architecture contemporaine. Il nous semble important de préciser dans ce contexte la raison pour laquelle le premier chapitre, qui concerne le chaos, les fractales et les catastrophes, ne constitue pas un critère de l'analyse des études de cas. Le chaos, les fractales et les catastrophes sont des expressions fluides qui peuvent se retrouver dans tous les autres critères car même si les fractales, les catastrophes et les attracteurs étranges sont des géométries du chaos, le chaos peut exister, en fonction du discours architectural, dans la fracturation formelle, dans l'ambiance, dans la morphogenèse architecturale et dans la continuité formelle. Par exemple, les fractales sont intégrées dans l'architecture organique et la catastrophe élémentaire (le pli),

exprimée par l'inflexion, est l'élément fondamental de la continuité formelle. Pour cette raison nous ne considérons pas le chaos comme un critère individuel.

Pour ce qui est des critères individuels, chacun des quatre chapitres se divise en deux critères d'analyse. Ainsi, la première partie de la thèse se résume en deux grandes catégories, la fluidité figée (la fluidité de l'architecture) et la fluidité laminaire (la fluidité en architecture), qui déterminent quatre sous-catégories et huit critères d'analyse pour les études de cas. Du point de vue de l'architecture organique, l'interactivité et l'approche morphogénétique sont les deux critères d'analyse qui évaluent la fluidité architecturale des études de cas. Du point de vue de la conception moderne, le dynamisme par fracturation formelle et la dissolution formelle constituent les deux critères d'analyse, tandis que les deux approches de l'inflexion, l'approche

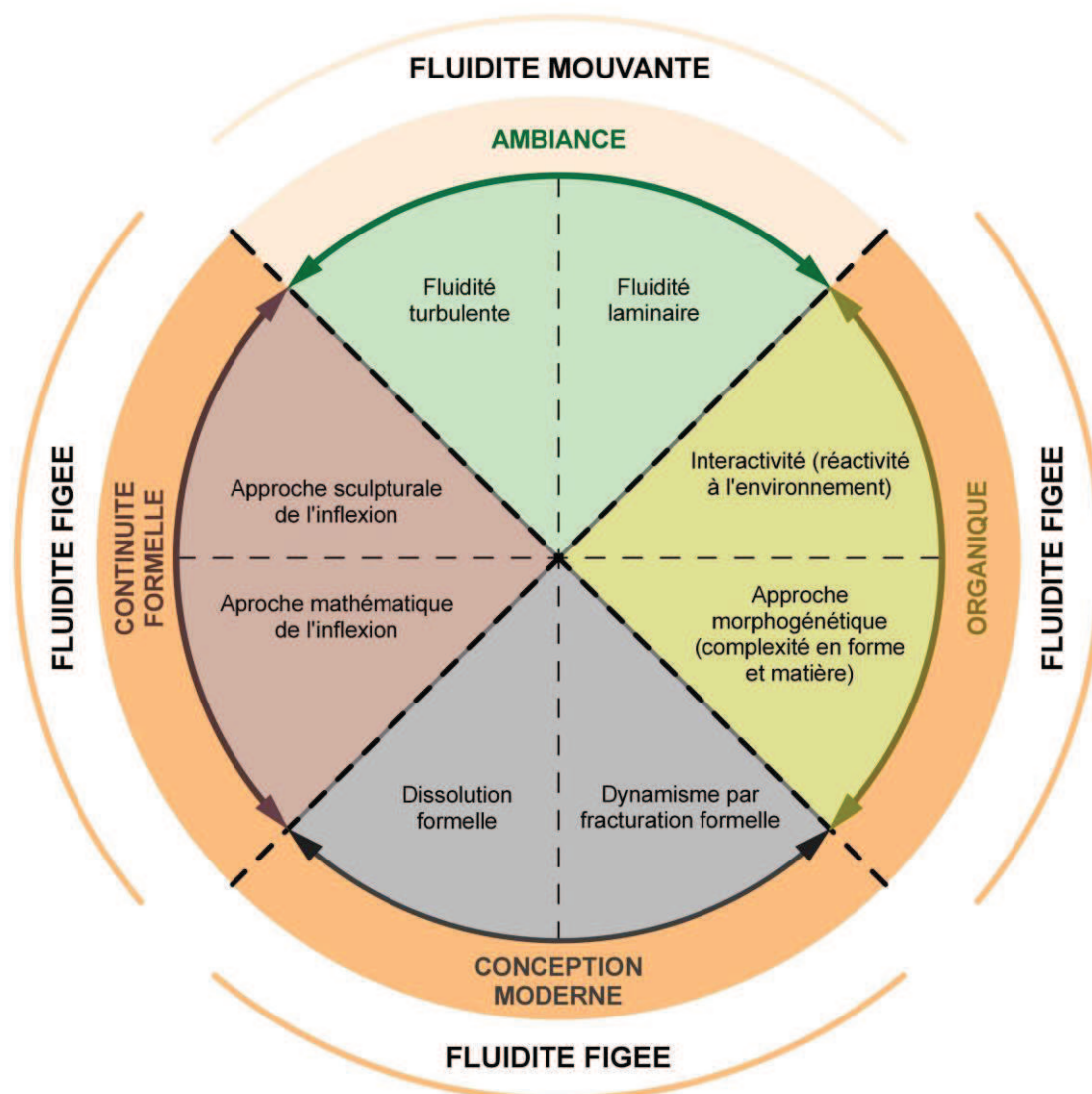


Figure 1. La conclusion graphique de la première partie de la thèse.

Par ce schéma, nous mettons en évidence les deux grandes catégories de la fluidité architecturale, la fluidité mouvante et la fluidité figée, les quatre sous-catégories qui correspondent aux quatre chapitres de la première partie de la thèse et les huit critères d'analyse pour les études de cas.

mathématique et l'approche sculpturale, sont les deux critères de la continuité formelle. La fluidité mouvante, qui concerne l'ambiance, est composée de la fluidité laminaire et de la fluidité turbulente, les deux derniers critères par lesquels la fluidité est vérifiée dans la production architecturale. Ces huit critères d'analyse constituent à la fois la conclusion de la première partie, l'essence de la fluidité architecturale et le fondement de la deuxième partie de la thèse qui concerne leur écho dans une série d'exemples de projets architecturaux.

La méthode par laquelle, dans la série d'études de cas, les expressions fluides sont vérifiées suppose la conception d'un schéma graphique qui traduit l'analyse fluidique du bâtiment. Si avant l'année 1973, le terme de « fluidique » désigne un adjectif ou nom qui se rapporte soit au fluide en tant que milieu (en physique), soit à la manière limpide et évanescence (en littérature), en 1973 la notion est introduite pour caractériser différentes techniques : « Se dit des techniques permettant de réaliser des opérations logiques à l'aide des fluides » (Rey, 2001, p. 579). Nous nous référons à ce dernier sens et nous l'interprétons comme un adjectif qui suggère la découverte des valences fluides dans un projet. Ce processus analytique ne se réfère pas à une désintégration réelle d'un objet solide après la découverte de ses expressions fluides, mais à une nouvelle conception, introduite pour la première fois en architecture par cette thèse. L'analyse d'études de cas transforme les termes de « fluide » et « fluidité », vaguement utilisés aujourd'hui dans le discours architectural, en une manière de penser le projet¹. La fluidité architecturale se rapporte à la fois à l'imagination et à la volonté du concepteur et la capacité de compréhension du public. Elle n'est pas évidente et parfois, elle est excellemment cachée dans l'ensemble de métaphores et connotations théoriques ou dans la géométrie rigide du volume, qui ne révèle aucune inflexion (notion souvent associée au « fluide »). Tout cet effort, de recherche et d'identification des éléments fluides du projet, définit l'analyse fluidique du bâtiment. Pour cette raison, la première partie de la thèse et ses conclusions constituent l'outil par lequel les analyses de cas sont conduites et la nouvelle pensée du projet est révélée.

En considérant les quatre chapitres comme les éléments principaux de l'analyse, chaque étude de cas est pensée comme un solide composé de quatre « molécules » (structures de base de la fluidité) qui, au cours de l'analyse fluidique se déplacent vers les huit critères d'analyse, selon leur degré de fluidité. Puisque les études de cas sont spécifiquement choisies selon des expressions fluides de différentes natures, un certain bâtiment peut évoquer une fluidité plus importante par sa continuité formelle que par sa conception architecturale moderne.

¹. Nous pouvons appliquer cette analyse fluidique à tous les concepts architecturaux. A la fin de l'analyse d'un projet, nous pouvons conclure si celui-ci intègre ou non nos attributs fluides.

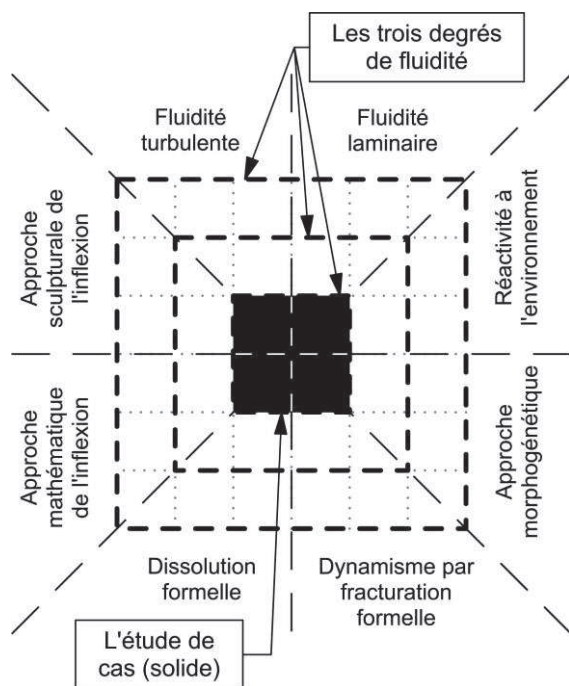


Figure 2. Le rapport entre l'étude de cas, les critères d'analyse et les trois degrés de fluidité.

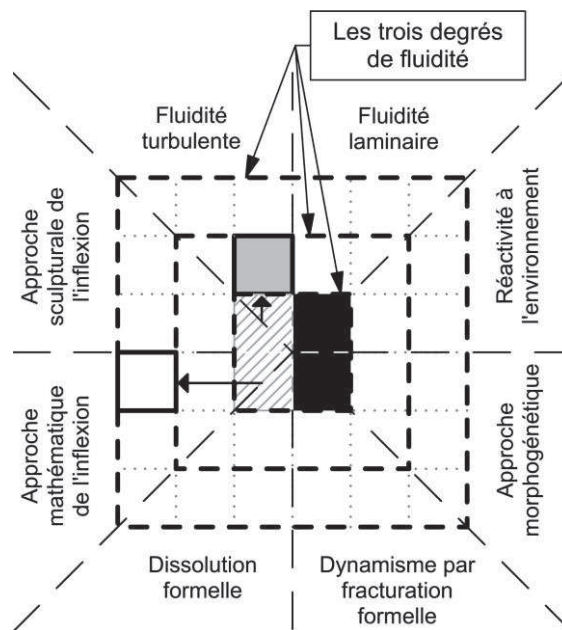


Figure 3. La transformation des « molécules » solides (noires) selon le degré de fluidité. Nous observons que, dans ce cas, l'approche sculpturale de l'inflexion est le critère le plus exploité.

La complexité architecturale contemporaine intègre la complexité de sa fluidité. L'importance des différentes expressions fluides hybridées et entrelacées peut différer dans une composition architecturale complexe. Donc, les trois degrés facilitent la hiérarchisation de l'influence des huit paramètres de la fluidité dans le caractère fluide général de l'étude de cas. L'état initial des « molécules », considéré comme « solide », peut évoluer sur une échelle de deux degrés de fluidité. A l'origine, ces quatre molécules, susceptibles de pouvoir se transformer au cours du processus analytique sont noires, cette couleur représentant métaphoriquement leur « solidité » et implicitement, leur degré 0 de fluidité. Leur couleur se transforme selon les deux autres degrés de fluidité, en devenant grise (pour le degré 1) et ultérieurement blanche (pour le degré 2). Ainsi, le schéma abstrait, composé d'une série de carrés différemment colorés (noirs, gris, blancs), associé à chaque étude cas, révèle les degrés de fluidité pour chacun des huit critères de la fluidité architecturale et le critère le plus exploité.

La position des carrés colorés est liée à la position initiale par des flèches, qui montrent leur parcours. Puisque certaines expressions fluides peuvent être le résultat d'une autre fluidité recherchée, ce parcours indique l'intention du concepteur par son discours architectural. Par exemple, la fluidité turbulente peut être le résultat indirect d'une fracturation formelle ou d'une continuité formelle recherchée. Dans ce cas, il existe une seule flèche qui indique d'abord le passage par la fluidité recherchée et ensuite par la fluidité issue de celle-ci. Si la fluidité

turbulente est particulièrement recherchée par certains moyens architectoniques, il existe deux flèches, une pour chacun des critères qui participent à la fluidité turbulente, en révélant l'intention pour les deux expressions fluides, même si leur degré diffère.

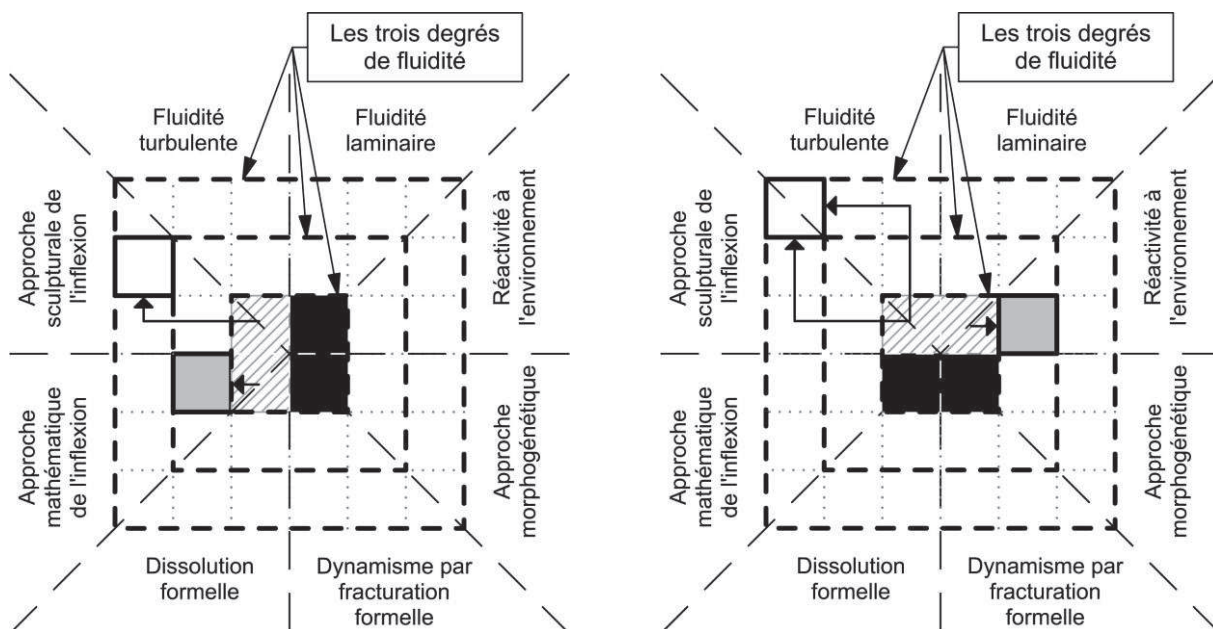


Figure 2. Exemple de deux parcours différents.

Les « molécules » composantes de l'étude de cas se déplacent différemment dans les deux exemples. Les flèches indiquent si l'atmosphère est particulièrement recherchée par le discours architectural ou si elle est issue de l'architecture. Nous observons que dans le premier exemple (à gauche) la fluidité turbulente est le résultat de l'approche mathématique de l'inflexion et n'est pas l'intention principale du concepteur. Dans le deuxième exemple (à droite), l'atmosphère confuse est recherchée en même temps que la complexité architectonique.

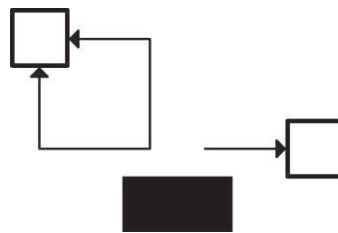
En conclusion, la fluidité des projets choisis est résumée à un pictogramme composé, de carrés noirs, gris ou blancs, disposés selon les trois degrés de fluidité et de flèches qui figurent le trajet des carrés, en représentant la volonté du concepteur. Cette méthode graphique comparative constitue une référence commune pour toutes nos études de cas et nous permet de concentrer notre analyse précisément sur les huit critères.

La sélection des études de cas

Puisqu'un des objectifs de cette thèse est d'analyser la fluidité comme une caractéristique architecturale pertinente pour tous les types de projets et non pour une catégorie privilégiée, les études de cas choisies sont diverses en ce qui concerne leur programme architectural, leur échelle ou leur concrétisation. Si la définition de la fluidité est fondée sur un mélange d'exemples historiques et contemporains, sa vérification est concentrée sur la production architecturale contemporaine car aujourd'hui la palette d'expressions fluides est la plus variée. A la fin de l'analyse, le nombre d'études de cas nous permet de comparer leurs pictogrammes et de trouver de nouvelles analogies entre les différents exemples qui, apparemment n'ont aucun lien entre eux sauf la fluidité architecturale. Très rarement celle-ci est totale, c'est-à-dire que le bâtiment est fluide de tous les points de vue. En général les bâtiments développent un certain type de fluidité et pour cette raison la majorité des exemples ont au moins un carré qui ne se « fluidifie » pas, en conservant sa position d'origine et sa couleur initiale, noir. Le choix des études de cas souligne ainsi la diversité des expressions fluides en fonction de leurs caractéristiques architectoniques et sensibles.

H₂O expo

Architecte : **NOX (Lars Spuybroek)**
Programme : **Musée interactif**
Date : **1994 - 1997**
Lieu : **Neeltje Jans, Zeeland, Pays-Bas**



Le pavillon de l'Eau douce Fresh H₂O est un musée interactif, où l'espace classique d'exposition se transforme en espace-événement. Le visiteur est immergé dans une atmosphère ludique et turbulente dans laquelle les notions d'espace, temps, verticalité et horizontalité disparaissent.



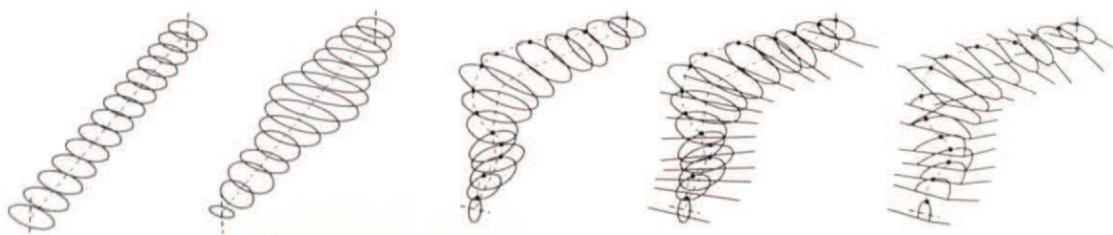
© Lars Spuybroek, NOX

Source : Organique et fluide : Nox architect, Pavillon H₂O, Zeeland, Pays-bas, 1999, p. 94

Figure 1. Vue extérieure du bâtiment.

La géométrie

A l'extérieur, la géométrie du musée constitue l'expression pure de la continuité formelle architecturale. Cette géométrie est pensée comme un tube composé de plusieurs ellipses, déformées par une série de « transformations itératives » selon les données du site, comme « la direction du vent, les dunes de sable et le flux de visiteurs entrants » (Spuybroek, 2004, p. 18).



© Lars Spuybroek, NOX

Source : Spuybroek, 2004, p. 19

Figure 2. L'évolution de la géométrie selon la déformation des ellipses.

Les extrémités du bâtiment sont incarnées par deux ellipses, l'une sur l'axe vertical et l'autre sur l'axe horizontal. L'altération de la forme initiale des ellipses intermédiaires¹ détermine un volume tordu et irrégulier non seulement à l'extérieur, mais aussi à l'intérieur. La géométrie continue de l'espace intérieur situe le visiteur dans une sphère confuse et incertaine. L'incertitude est évoquée par les murs et le sol qui se confondent dans une ininteruption de la surface. Similairement à la fonction oblique de Claude Parent, l'espace intérieur interroge l'équilibre du public par de multiples ondulations du sol, en introduisant l'inconfort physique. Selon Lars Spuybroek, l'architecte du Pavillon Fresh H₂O, l'adaptation du visiteur à la géométrie irrégulière est extrêmement importante et donc « pour parcourir le bâtiment, le visiteur doit agir similairement à l'eau » (*Ibid.*, 2004, p. 18). La compréhension spatiale devient difficile aussi bien physiquement que mentalement car, par le manque d'ouvertures vers l'extérieur, le visiteur est immergé dans un espace nouveau, inconnu et isolé.

Du point de vue de la fluidité, la géométrie du Pavillon Fresh H₂O évoque une continuité formelle maximale aussi bien intérieure qu'extérieure. Même si la forme du bâtiment est le résultat d'une série de transformations itératives, elle n'incarne pas une pensée mathématique, mais une géométrie adaptée au site². Evidemment, la réalisation du bâtiment implique une dimension mathématique³ mais, selon le discours architectural, celle-ci constitue uniquement un moyen de concrétisation du projet et non son fondement conceptuel. Puisque dans cette thèse nous analysons

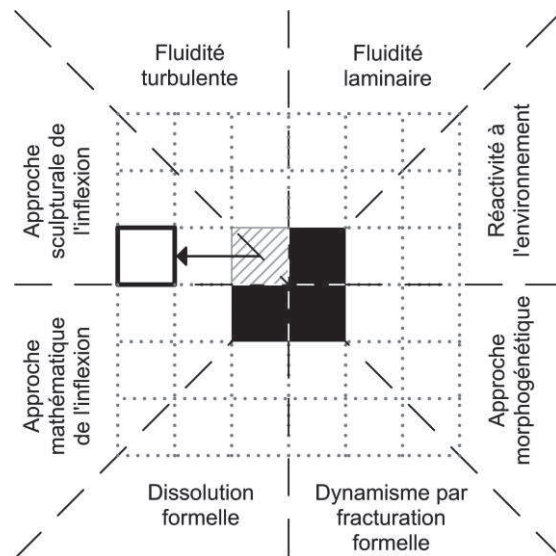


Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion (la continuité formelle).

premièrement la fluidité du point de vue du discours architectural, nous considérons la forme du bâtiment comme le résultat d'une déformation sculpturale et non comme l'interprétation architecturale d'un processus mathématique, le caractère de cette continuité étant plutôt sculpturale que mathématique.

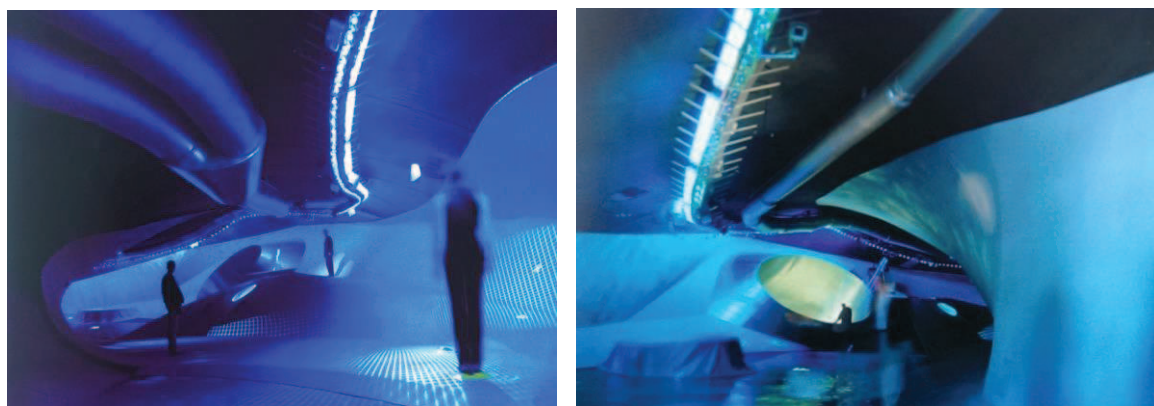
¹ Lars Spuybroek décrit cette altération comme la « déformation fluide » des quatorze ellipses qui forment le volume du pavillon (Spuybroek, 1998, p. 50).

² « The first set of operations: elliptical tube, scaling of tube according to program, twisting according to exterior forces, insertion of ground level, deformation of ground level » (Spuybroek, 2004, p. 19).

³ « The basis of the geometry is the vector-based changing of splines linking the ellipses. In this way, line and force become connected. [...] Line is not separated from point, but every vertex is the basis of a vector. If one changes the position or direction of the vector, the others change in accordance with "their mutual dependency » (Spuybroek, 1998, p. 50).

L'interactivité

L'incertitude évoquée par l'inflexion géométrique est augmentée par l'interactivité du bâtiment. Spuybroek emploie le terme « architecture liquide » qui, selon son concepteur Markos Novak, ne constitue pas le « mimesis des fluides naturels en architecture » mais la « liquéfaction de tout ce qui a été cristallin et solide en architecture » (Spuybroek, 1998, p. 50), comme notion définitoire du concept du pavillon. Selon l'interprétation de Spuybroek, l'interactivité ne se réfère pas « à un bâtiment comme un environnement qui transforme l'atmosphère par des interventions électroniques, mais à une architecture qui se transforme elle-même » (Spuybroek, 2004, p. 18).



© Lars Spuybroek, NOX

Source : Organique et fluide : Nox architect, Pavillon H20, Zeeland, Pays-bas, 1999, p. 95

Figure 4. Vues intérieures du pavillon

Outre ses différents états d'agrégation, l'eau et implicitement le paysage aquatique sont suggérés par une lumière bleue, dans laquelle le public est immergé d'une manière interactive.

L'interactivité est réalisée par des groupes de capteurs qui produisent des simulations de vagues, lumières et sons, en complétant les expressions de l'eau dans ses différents états d'agrégation : glace, vapeurs, eau froide ou bouillante.

Le concept du musée interactif est fondé sur la question de réactivité à l'environnement, idée exploitée au maximum. Même si dans ce cas, la réactivité n'est pas associée véritablement à l'architectonique, c'est-à-dire que la forme du bâtiment ne se transforme pas concrètement en

fonction de l'environnement, elle est liée aux nouveaux « matériaux », comme l'eau sous ses différents états d'agrégation, l'élément central du musée. Le « comportement » du bâtiment,

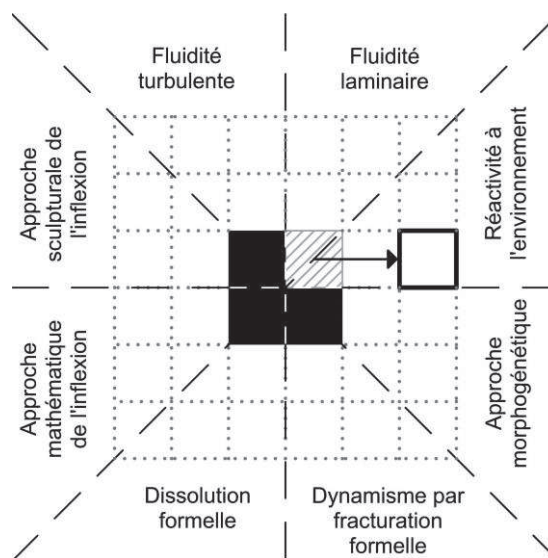


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la réactivité à l'environnement (l'interactivité).

par son caractère dynamique et l'évolution de son intérieur en temps réel, est similaire au comportement d'un organisme. Pour cette raison nous considérons l'interactivité du projet comme une dimension organique de la fluidité architecturale.

L'ambiance turbulente

L'interactivité est la composante essentielle dans le musée Fresh H₂O : outre la continuité formelle, elle produit une ambiance confuse et imprévisible. La fluidité turbulente est précisément recherchée, son importance étant semblable à la forme fluide qui caractérise ce bâtiment. Le réel et le virtuel, les matériaux et l'information, s'imbriquent dans une composition animée, fondée sur la « métastabilité » de la composition⁴ : « Associant le concept de liquéfaction à celui de la mise en réseau des informations dans le Cyberspace, le projet devient une métaphore aquatique de l'évolution du monde contemporain vers les nouvelles technologies » (Organique et fluide : Nox architect, Pavillon H₂O, Zeeland, Pays-bas, 1999, p. 94-95). Le visiteur est introduit dans un monde abstrait, où l'orientation disparaît et la perception se concentre sur un espace plutôt topologique que géométrique. Cette perception, « oubliée » depuis notre enfance, suscite la dimension confuse de la fluidité.

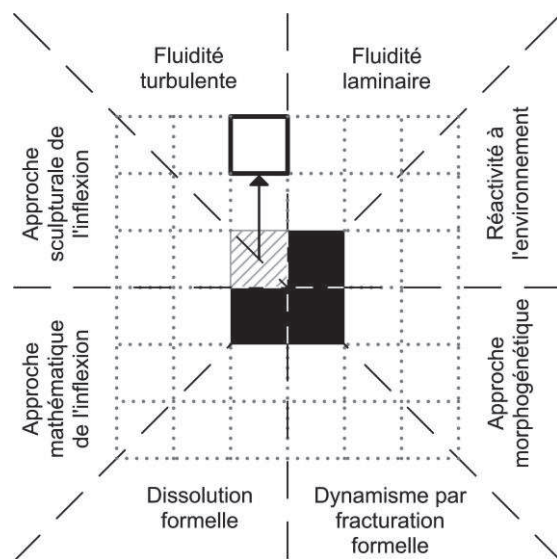


Figure 6. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'ambiance turbulente.

Dans le dernier chapitre de la première partie de la thèse, « L'ambiance architecturale », nous avons lancé l'hypothèse selon laquelle la fluidité turbulente est caractérisée plutôt par le montage antique, fondé sur des instants privilégiés, que par le montage moderne, basé sur des séquences équidistantes. Le pavillon de Spuybroek constitue un bon exemple pour vérifier cette hypothèse car l'importance du rôle de l'ambiance dans ce projet est comparable au rôle de l'architectonique. Le déplacement du visiteur suit un parcours

prédéterminé, qui implique des moments, des séquences interactives non-équidistantes. Les capteurs ne sont pas placés à distance égale et ne provoquent pas tous les mêmes sensations et émotions. Pour cette raison, le « montage atmosphérique » du projet est turbulent et confus.

⁴ « Why still speak of the real and the virtual, the material and the immaterial? Here, these categories are not in opposition or in some metaphysical disagreement, but more in an electroliquid aggregation, enforcing each other, as in two-part adhesive; constantly exposing its metastability to induce animation » (*Ibid.*, 1998, p. 51).

Les carrés déplacés du pictogramme associé à cette étude de cas représentent l'imbrication de l'ambiance et de l'architecture dans une architecture interactive et turbulente, une composition de formes douces et continues. Les flèches montrent l'intérêt de l'architecte pour chacune de ces dimensions fluides, particulièrement recherchées et leur importance similaire dans la genèse du concept.

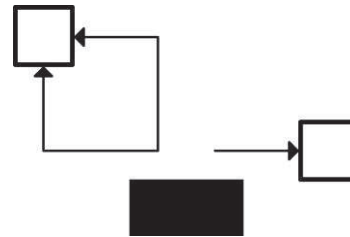
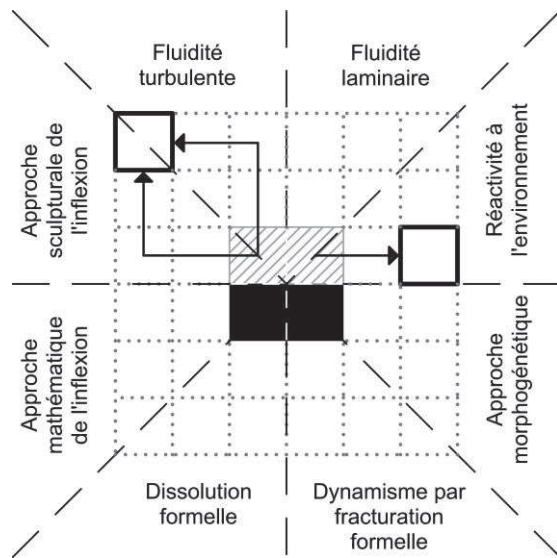
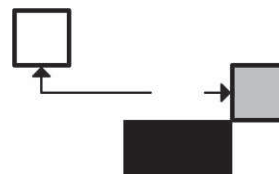


Figure 7. La représentation graphique de la fluidité du bâtiment.

Puisque la fluidité architecturale du pavillon s'exprime aussi bien par l'approche sculpturale de l'inflexion que par l'ambiance turbulente, le carré se déplace sur la diagonale séparatrice entre les deux critères.

One Ocean

Architecte : **SOMA architecture**
Programme : **Pavillon thématique**
Date : **2012**
Lieu : **Yeosu, Corée du Sud**



Le pavillon thématique *One Ocean* construit pour l'Exposition *The Living Ocean and Coast* à Yeosu en 2012 incarne également le thème de l'eau. Afin de souligner la variété expressive de la fluidité architecturale et la transformation du pictogramme associé à deux exemples similaires,



© SOMA Architecture
Source : soma-architecture.com

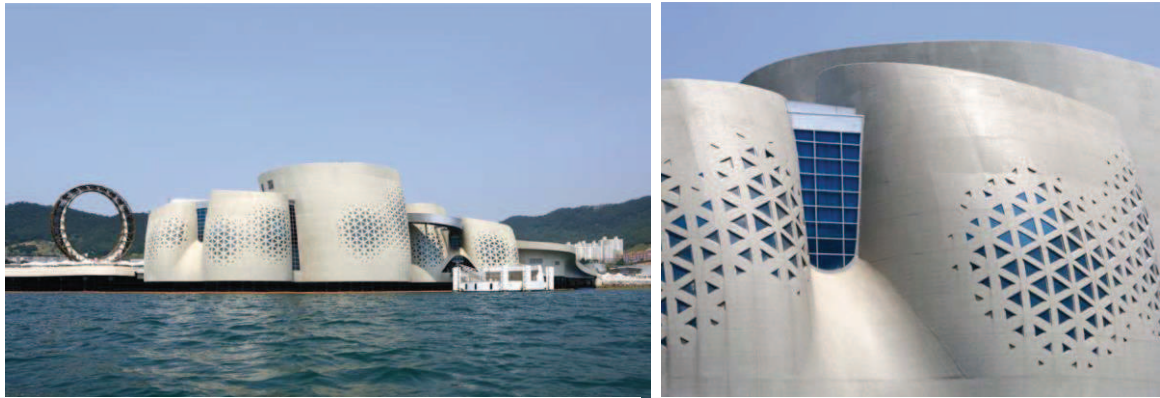
Figure 1. Vue extérieure du bâtiment

ce projet est volontairement choisi comme deuxième étude. L'objectif de l'analyse fluide comparative entre le pavillon *One Ocean* et le pavillon de l'Eau douce *Fresh H₂O* est d'éclaircir à la fois leurs degrés de fluidité et le rôle des flèches, qui représentent l'intention du concepteur.

La géométrie

La géométrie du pavillon est pensée comme une double réponse au thème de l'exposition : la côte est interprétée par une série de cônes verticaux en béton, déformés et composés dans une masse compacte et continue, en surplomb sur la mer, tandis que l'océan est métaphorisé par une façade cinétique, orientée vers la place principale. Même si le projet développe deux façades contrastantes, une façade lourde en béton et une autre plus légère en polymères

renforcés avec des fibres de verre (PRFV), les deux fusionnent dans un volume unitaire, dans une « architecture dynamique et fluide, à l'image de l'océan » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 273). Dans leur discours, les architectes expliquent l'idée essentielle de la géométrie du pavillon comme une



© SOMA Architecture (architecte) ; Kim Yong-kwan (photo)
Source : soma-architecture.com

Figure 2. Vue extérieure de la façade en béton

torsion des surfaces verticales en surfaces horizontales. Par cette transition en douceur, sans angles ou interruptions, la continuité formelle devient l'attribut principal de l'architecture de ce projet. Les surfaces ondulées de l'édifice facilitent également le parcours du visiteur, en le guidant progressivement sur une promenade qui suit le toit incliné du pavillon. Ainsi, en ce qui concerne la fluidité architecturale, l'approche sculpturale de l'inflexion est, comme dans le cas du pavillon de Spuybroek, maximale.

L'interactivité

Si les volumes en béton évoquent métaphoriquement la dimension dynamique par l'inflexion formelle, la façade cinétique en PRFV incarne concrètement le mouvement par une série de lamelles qui changent leur position selon les conditions climatiques, par analogie aux branchies des poissons. La technique par laquelle les 108 persiennes changent leur



© SOMA Architecture (architecte)
Source : soma-architecture.com

Figure 3. La transition entre les volumes durs en béton et le volume plus léger par un processus de torsion.

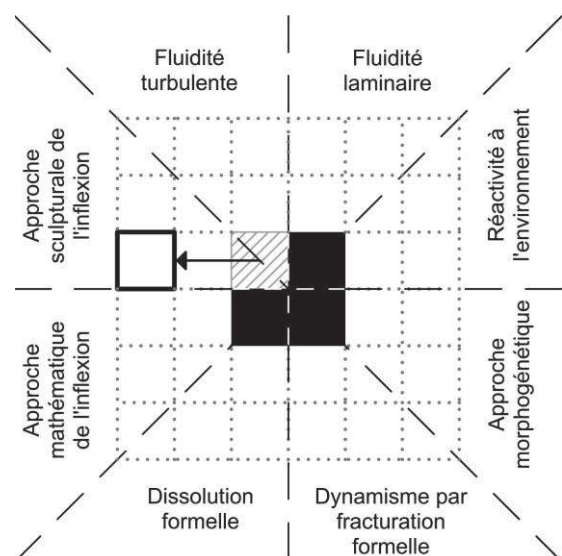


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion (la continuité formelle).

position initiale pour s'ouvrir, en permettant l'éclairage naturel, exploite l'élasticité du matériau PRFV. Inspirés du monde vivant, les architectes pensent ce projet comme une interdépendance harmonieuse entre la forme, le matériau, le mouvement et la lumière. Par l'élasticité du matériau, le flambement contrôlé¹ des persiennes ouvre la façade et implicitement, modifie sa



© SOMA Architecture
Source : soma-architecture.com

Figure 4. Vues extérieures de la façade cinétique.

La déformation des 108 lamelles permetent l'« ouverture » ou la « fermeture » de la façade.

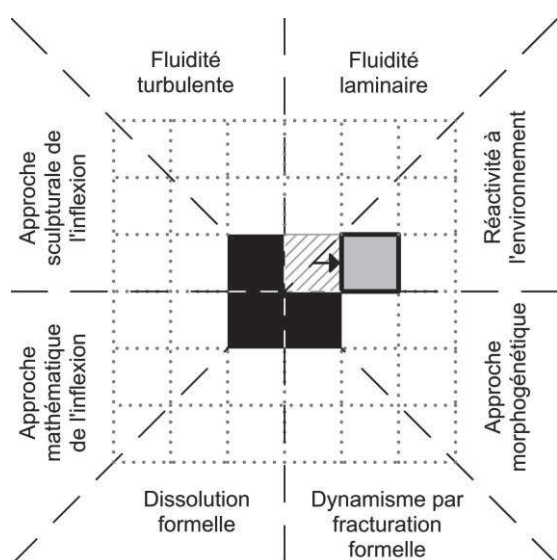


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la réactivité à l'environnement (l'interactivité).

forme, en filtrant à la fois la quantité de lumière naturelle diurne qui éclaire l'intérieur du bâtiment et la lumière artificielle qui anime la façade pendant la nuit. Contrairement à l'exemple antérieur, l'interactivité du projet *One Ocean* ne dépend pas du public. Le visiteur ne constitue plus l'élément central du concept, autour duquel l'atmosphère se transforme. Le bâtiment réagit aussi bien aux conditions climatiques (la lumière naturelle, le vent, etc.) qu'aux possibles chorégraphies prédéfinies par

les 208 servomoteurs coordonnés qui contrôlent les 108 lamelles. Même si leur mouvement fluide incarne l'organicité du monde biologique, nous considérons que l'interactivité du projet n'est pas maximale. Puisqu'à l'intérieur, la surface cinétique est doublée d'une peau en verre, le rôle de ce dynamisme impressionnant est réduit à l'éclairage du foyer et à l'animation artistique de la façade ouverte vers l'axe principal d'accès du public.

¹ « The kinematic media façade promotes 108 individual GFRP [Glass Fiber Reinforced Polymer] lamellas that are deformed by controlled buckling. The facade can therefore adapt to light and physical building conditions and allows the artistic staging of special lighting effects » (Lienhard, 2014, p. 62).

L'ambiance

En considérant que l'interactivité ne dépend pas directement du visiteur, elle n'a pas un impact considérable sur la fluidité mouvante. Si Lars Spuybroek souligne par son bâtiment la réactivité à l'imprévisibilité humaine, SOMA met en évidence la réactivité à l'imprévisibilité climatique, mais d'une manière plus sculpturale et moins concentrée sur le public. Pour cette raison nous considérons que même si l'interactivité présente dans ce projet suppose le contrôle de la lumière à l'intérieur du bâtiment, elle ne constitue pas une recherche particulière sur la fluidité mouvante.

Par ailleurs, en ce qui concerne la compréhension spatiale des volumes orientés vers l'océan, l'approche sculpturale de l'inflexion, matérialisée à l'intérieur du bâtiment par des murs ondulés, introduit un degré d'incertitude. Cette incertitude, en tant que résultat d'une volonté purement formelle, révèle une fluidité de degré 1, non maximale. Ainsi, le pictogramme associé à cette étude de cas diffère du pictogramme du projet de Spuybroek. Contrairement au pavillon *Fresh H₂O*, les carrés qui correspondent à l'interactivité et à la fluidité turbulente sont déplacés dans le premier niveau de fluidité, tandis que celui qui correspond à l'approche sculpturale de l'inflexion conserve sa place dans le deuxième niveau.

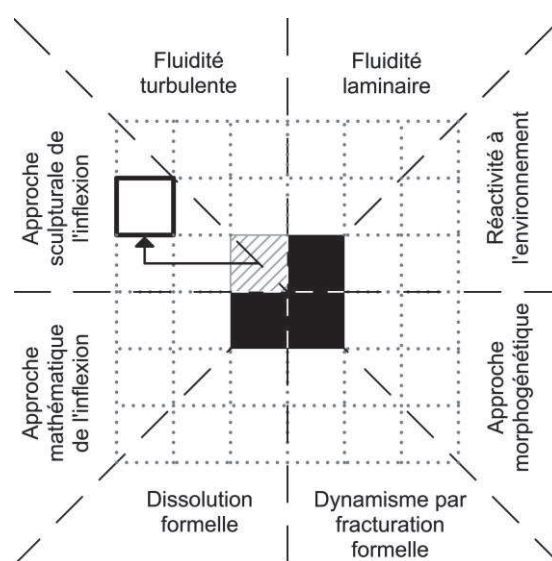


Figure 6. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'ambiance turbulente.



© SOMA Architecture

Source : arcspace.com/features/soma/one-ocean/

Figure 7. La façade cinétique « ouverte ».

En ce qui concerne les flèches, puisque la fluidité turbulente n'est pas une dimension particulièrement recherchée, nous observons qu'il existe une seule flèche attribuée à celle-ci. L'absence de flèche directe vers la fluidité turbulente souligne la position différente de la fluidité mouvante dans le concept de l'architecte. Dans ce cas, la fluidité turbulente constitue le résultat de la continuité formelle.

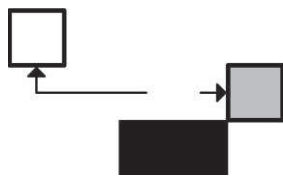
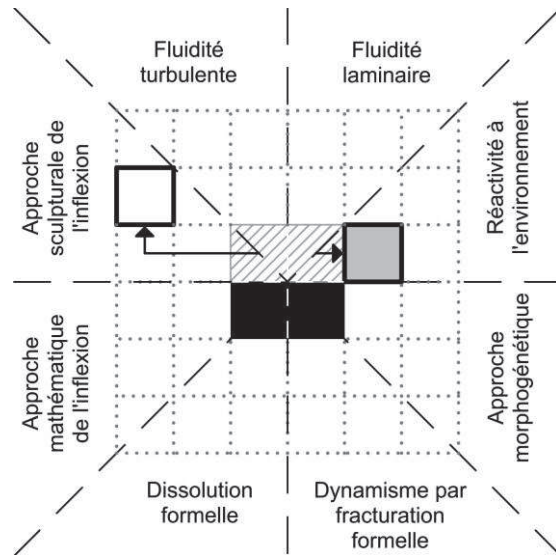


Figure 8. La représentation graphique de la fluidité du bâtiment.

Puisque les expressions fluides de l'approche sculpturale de l'inflexion sont plus accentuées que les expressions de la fluidité turbulente, le carré ne se déplace pas sur la diagonale séparatrice entre les deux critères, mais il se trouve plus dans le champ de la continuité formelle.



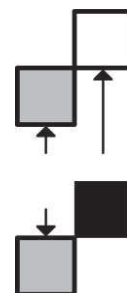
Les Thermes de Vals

Architecte : **Peter Zumthor**

Programme : **Bains thermaux**

Date : **1996**

Lieu : **Vals, Suisse**



Si par leurs pavillons, Lars Spuybroek et SOMA interrogent le thème de l'eau d'une manière métaphorique, en essayant d'évoquer des attributs liquides par des analogies formelles ou interactives, Peter Zumthor met en valeur sa présence tangible, comme un élément concret, déjà existant sur le site. Même si le thème aquatique constitue l'ingrédient commun pour les trois études de cas, les qualités fluides exploitées par les concepteurs, aussi bien que l'expérience des visiteurs diffèrent.



© Thermes de Vals ; Peter Zumthor (architecte)

Source : therme-vals.ch/fr

Figure 1. Le dialogue entre la pierre, la lumière et l'eau

La géométrie

Contrairement à la géométrie ondulée des exemples précédents, l'architectonique des thermes de Vals est apparemment rigide et statique. La conception architecturale positionne les fonctions, représentées par des « blocs » rectangulaires de différentes dimensions, selon un système rigoureux d'axes horizontaux et verticaux. De ce point de vue, ce bâtiment ne semble pas incarner les qualités fluides antérieurement mentionnées. En considérant la fluidité architecturale comme une qualité complexe, qui n'est pas uniquement définie par la continuité formelle et par l'inflexion des lignes, les thermes de Vals développent une fluidité par la dissolution formelle. Cette conception, qui souligne plutôt la continuité spatiale que la continuité formelle, révèle des similarités entre le projet de Zumthor et le pavillon de Mies van

der Rohe à Barcelone : les éléments solides ne ferment plus l'espace, mais ils deviennent des repères pour le visiteur, qui suit plusieurs parcours dans une composition ouverte. Même si l'espace intérieur n'est pas prolongé, par des éléments linéaires (des murs), au-delà de la limite du bâtiment (comme dans le pavillon de Barcelone), l'orthogonalité de la disposition des différents « blocs » et leur insertion ponctuelle dans l'espace déterminent la fluidité spatiale de l'édifice.



© Peter Zumthor
Source : Hauser, Zumthor, 2007, p. 100

Figure 3. Le plan des thermes

La décomposition de la masse solide en plusieurs « blocs ».



© Thermes de Vals ; Peter Zumthor (architecte)
Source : en.wikipedia.org/wiki/Therme_Vals

Figure 2. Vue extérieure du bâtiment

Le volume monobloc ne trahit pas des expressions fluides architecturales.

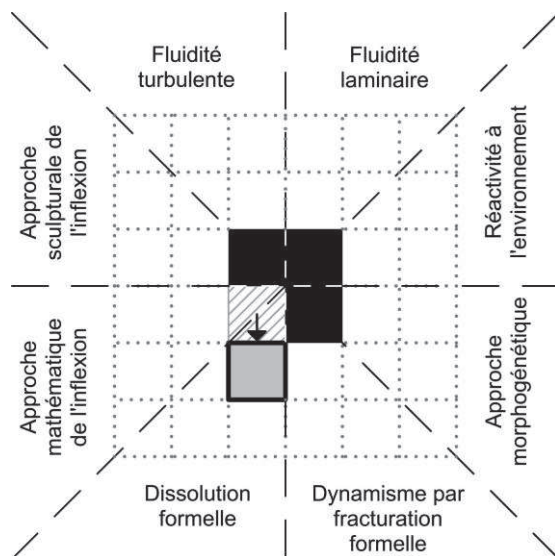


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la dissolution formelle (la conception moderne).

Contrairement au pavillon de Mies van der Rohe, même si les deux compositions architecturales se concentrent sur la centralité des plans d'eau, l'extérieur du projet de Zumthor ne trahit pas la fluidité spatiale cachée à l'intérieur car le volume monobloc suggère plutôt la massivité et la statique du bâtiment. En revanche, à l'intérieur, le contraste entre la pierre et l'eau rappelle le contraste des expressions matérielles, comme le marbre et le verre, du pavillon de Barcelone. Ainsi, la pesanteur des volumes opaques est accentuée par la transparence du plan aquatique dans lequel

ceux-ci sont dispersés. La dissolution formelle n'est pas totale : elle caractérise uniquement l'espace intérieur du bâtiment, pensé à la fois comme le résultat d'un évidement dans la masse rocheuse de la montagne et comme une composition de blocs massifs en pierre (Zumthor, 1997, p. 13). Cette composition d'éléments séparés, articulés uniquement par le plan aquatique, ne suggère pas une fracturation formelle, qui suppose le dynamisme par des diagonales et des

angles non droits, mais plutôt une dissolution formelle (telle qu'elle a été définie dans la première partie de la thèse) du monobloc rocheux dans l'eau.

L'ambiance

La dissolution de la masse compacte¹ est soulignée par le passage du visiteur d'un espace éclairé artificiellement à un espace éclairé naturellement², une transition subtile de l'ombre à la lumière. Le clair-obscur de l'ambiance indique l'intention de Zumthor de concevoir un espace intime, serein et calme, en incarnant sa pensée par rapport au métier de l'architecture, associé « à des attributs tels que la sérénité, l'évidence, la pérennité, la présence et l'intégrité, également liées à la chaleur et à la sensualité » (Kimmelman, Della Casa, 2011, p. 34). La lumière, par ses différentes

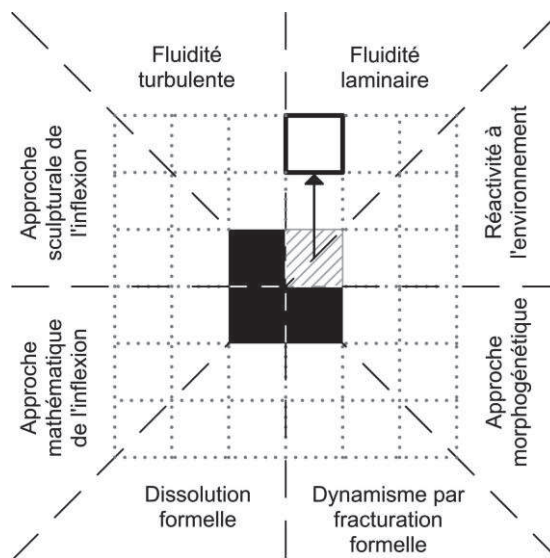
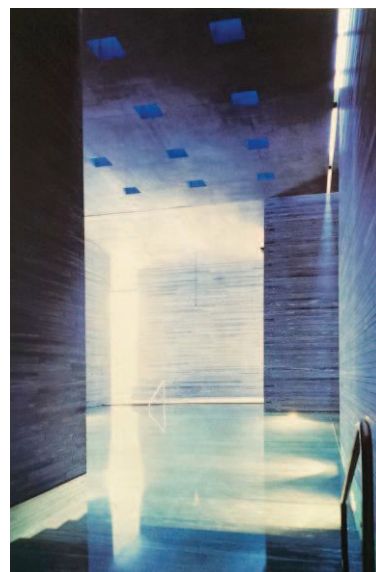
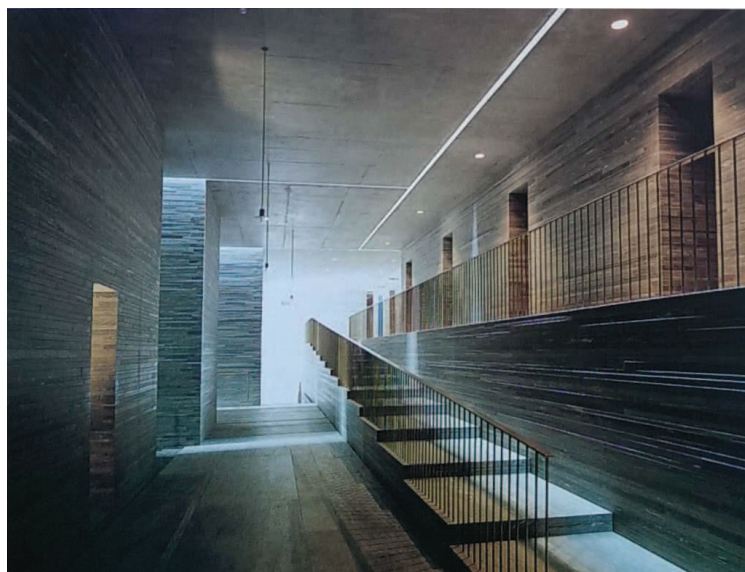


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'ambiance laminaire.



© Thermes de Vals ; Peter Zumthor (architecte)
Source : Termes et bains de Vals. Suisse, 1999, p. 86-87

Figure 6. Vues intérieures du pavillon

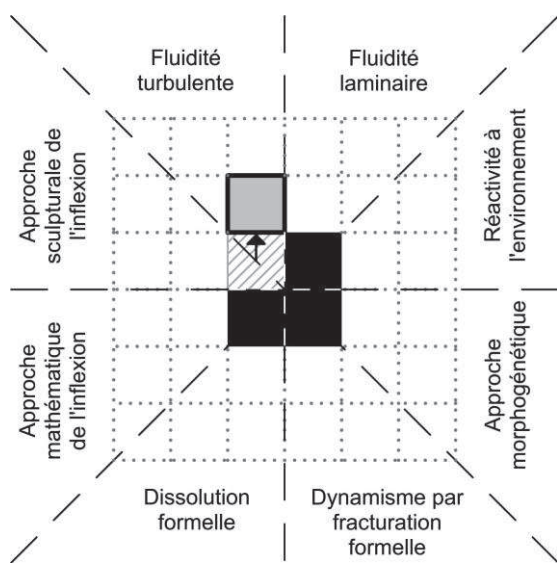
Outre leur disposition séquentielle, la lumière a la capacité à dissoudre les « blocs » solides en pierre

¹ « A continuous internal space, like a geometric cave system, meanders through the bat's structure of large stone blocks, growing in size as it moves away from the narrow caverns by the mountain towards the daylight at the front » (Zumthor, 1997, p. 12).

² « Daylight filters in through the narrow gaps between the individual ceiling slabs. This is what visitors experience when they leave the artificially lit cavern system of the entrance, pass through the darkly clad changing rooms, and step onto a raised band to see, for the first time, as bathers now, the continuous space of the bathing floor lying before them » (*Ibid.*, 1997, p. 13).

expressions, constitue le liant qui harmonise les matériaux, en évoquant le calme de l'atmosphère intérieure. Puisque ce sentiment est particulièrement recherché, la fluidité laminaire des thermes de Vals est totale.

Néanmoins, ce projet présente une coexistence de la fluidité laminaire et de la fluidité turbulente. La fluidité turbulente est le résultat de la dualité entre la sérénité et la séduction, autour de laquelle, dans son discours architectural, Zumthor développe la notion d'atmosphère. Pensé comme une « sorte de "flânerie libre" », dans une ambiance qui « nous séduit plutôt qu'elle nous dirige », l'espace intérieur des thermes devient « un voyage de découverte » (Zumthor, 2008, p. 41- 43). Par la succession de plans verticaux en pierre, le parcours libre incite



le visiteur à la découverte des nouvelles perspectives. Par cette série de perspectives, même si elles sont toujours contrôlées, l'architecte introduit les éléments de surprise et d'incertitude dans l'exploration du projet. Le visiteur découvre progressivement l'espace architectural³ et l'incertitude concernant son parcours constitue une expression de la fluidité turbulente. Puisque le visiteur ne se trouve pas perdu dans la composition séquentielle, la fluidité turbulente n'est pas maximale, mais elle correspond au degré 1 de fluidité.

Figure 7. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'ambiance turbulente.

Le pictogramme associé à cette étude de cas indique une fluidité quasi totale⁴, où tous les critères fluides sont particulièrement recherchés. La fluidité turbulente est, dans une certaine mesure, le résultat de la composition architectonique, mais elle est particulièrement pensée, comme une qualité spatiale. Cependant, la fluidité turbulente ne peut jamais résulter de la fluidité laminaire et réciproquement. Elle peut uniquement découler de la fluidité figée. La fluidité architecturale est évoquée par la

³ « The blocks are loosely assembled in recurring figurative patterns, which are often tied into various orthogonal ordering lines. Underlying this informal layout is a carefully modelled path of circulation which leads bathers to certain predetermined points but lets them explore other areas for themselves. The large continuous space between the blocks is built up sequentially. The perspective is always controlled. It either ensures or denies the view, guaranteeing the distinct spatial quality of each element of the sequence while respecting its function and meaning within the whole » (*Ibid.*, 1997, p. 13).

⁴ Nous considérons qu'une fluidité totale suppose non seulement le déplacement de tous les carrés, mais aussi leur position selon les degrés de fluidité. Ainsi, un bâtiment qui conserve certains carrés dans leur position initiale, en couleur noire, mais dont les critères fluides sont maximaux (les carrés déplacés se trouvent tous dans le deuxième niveau de fluidité) peut être plus fluide qu'un bâtiment qui a tous les carrés déplacés, mais dans le premier niveau de fluidité.

composition de « blocs » et par l'ambiance sereine et les accents turbulents. Le schéma de cette étude de cas figure l'interprétation fluide de l'édifice selon le discours architectural de Peter Zumthor : « Vals ne se rapporte pas à un objet extérieur [...]. Ce qui compte, c'est ce qui se passe à l'intérieur, le bain, dans une approche rituelle, selon la coutume orientale. L'eau, la pierre, la lumière, le son et les ombres : voilà l'important » (Kimmelman, Della Casa, 2011, p. 39). Ainsi, cette fluidité présente uniquement à l'intérieur du bâtiment est le résultat de l'intention du concepteur.

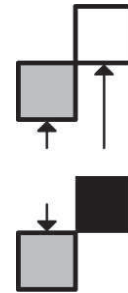
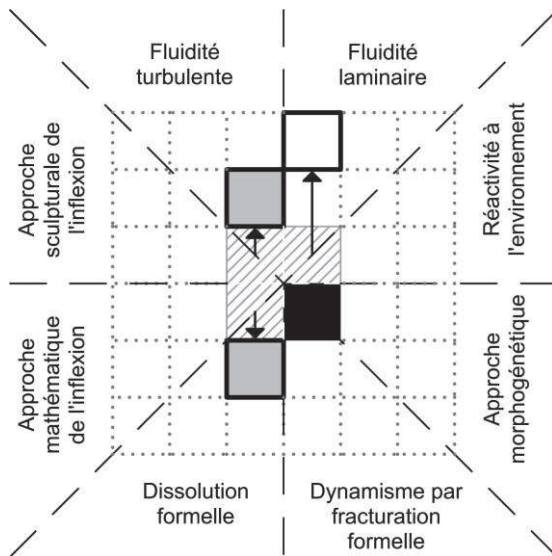


Figure 8. La représentation graphique de la fluidité du bâtiment.

Même si presque tous les carrés sont déplacés, la fluidité architecturale du bâtiment n'est pas très élevée car la majorité des carrés sont de degré 1.

Les Pavillons Les Cols

Architecte : **RCR Arquitectes**
Programme : **Chambres d'hôtes**
Date : **2005**
Lieu : **Olot, Girona, Espagne**



Les Pavillons Les Cols, construits après la rénovation du restaurant Les Cols, sont cinq chambres avec salle de bains qui, selon la demande initiale, pourraient accueillir des visiteurs pour une ou deux nuits. Les pavillons expriment une fluidité architecturale à la fois similaire aux thermes de Vals, par l'interprétation du local, par la présence de l'eau et par la composition géométrique, par l'approche matérielle de l'architecture et par l'ambiance évoquée.



© RCR Arquitectes (architecte) ; Roland Halbe (photo)
Source : Centre suisse de la construction métallique, 2008

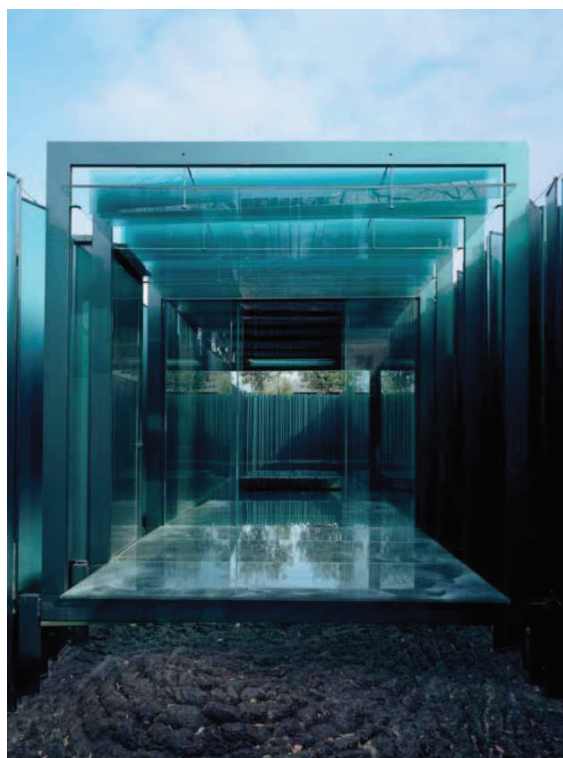
Figure 1. Vue intérieure.

La géométrie et la matérialité

L'approche architecturale de RCR Arquitectes est similaire à l'approche de Peter Zumthor : la construction en utilisant aussi des matériaux locaux et l'intégration du bâtiment dans le site constituent les deux principes fondamentaux de leur conception architecturale. Similairement aux Thermes de Vals, les Pavillons Les Cols interrogent l'association de l'opacité et de la transparence, de l'autochtone et de l'innovation, de la pesanteur et de la légèreté, du solide et

de l'aquatique par un projet qui propose un espace vécu « opposé à la vie quotidienne » qui se passe toujours en vitesse, dans des espaces bondés et fermés (RCR Architectes, 2012). Le désir d'une nuit calme et d'un lieu de réflexion est l'idée essentielle du projet.

En ce qui concerne la forme et la composition des pavillons, la simplicité est révélée par la disposition linéaire de cinq boîtes indépendantes au long de deux passages séparés, sur un site rectangulaire. Puisque ces « boîtes » singulières sont soulevées du sol, la terre volcanique constitue le seul élément qui les relie. La similitude entre la composition des Pavillons Les Cols et la composition des thermes de Vals est révélée par la dispersion des parallélépipèdes dans une masse homogène. Néanmoins, contrairement au concept de Zumthor, selon lequel les « blocs » massifs et opaques sont reliés par un élément léger et transparent comme l'eau, le concept de RCR Architectes développe un rapport inverse, où les « boîtes » légères et transparentes en verre sont reliées, même si elles flottent au-dessus, par un élément solide et lourd comme la lave. Ainsi, la dissolution formelle qui produit la fluidité figée du projet de Zumthor est dans ce



© RCR Architectes (architecte); Roland Halbe (photo)
Source : Centre suisse de la construction métallique, 2008

Figure 2. La chambre vue depuis le patio.

Par l'association des différents matériaux contrastants, l'architecte met en dialogue le local et le global. Le flottement du bâtiment en verre au-dessus de la lave est souligné par la transparence des parois en verre.



© RCR Architectes (architecte); Roland Halbe (photo)
Source : Les nuits de Garotxa : pavillons Les Cols, Olot/Girona (Espagne), 2006, p. 105

Figure 3. Le patio et le mur clôture en verre.

La succession des panneaux en verre, omniprésente dans ce projet, met en évidence la légèreté de l'architecture par rapport au site existant.

cas traduite non seulement par la composition formelle, mais aussi par les matériaux employés. Similairement à Zumthor, les architectes catalans de RCR Arquitectes n'emploient pas une palette extrêmement variée de matériaux dans un projet, mais ils préfèrent utiliser les mêmes matériaux traités d'une manière différente. Dans ce cas, le matériau qui offre « des milliers de possibilités » (Zumthor, 2008, p. 25) est le verre. Nous considérons que la dématérialisation constitue une des idées fondamentales du discours architectural de RCR Arquitectes car, pour eux, ce procédé constitue le seul moyen par lequel une architecture peut s'intégrer à un site et peut devenir un lieu¹. Les Pavillons Les Cols, par leur concept intégral en verre, se dissolvent dans un espace unique : il ne s'agit pas de la nature, car les pavillons sont isolés par des parois en verre translucide, mais plutôt d'un lieu qui s'identifie par lui-même. L'architecture des pavillons incarne la nature par deux composants fondamentaux, la dimension tellurique et la dimension céleste. La fluidité architecturale est exprimée comme une dissolution formelle de

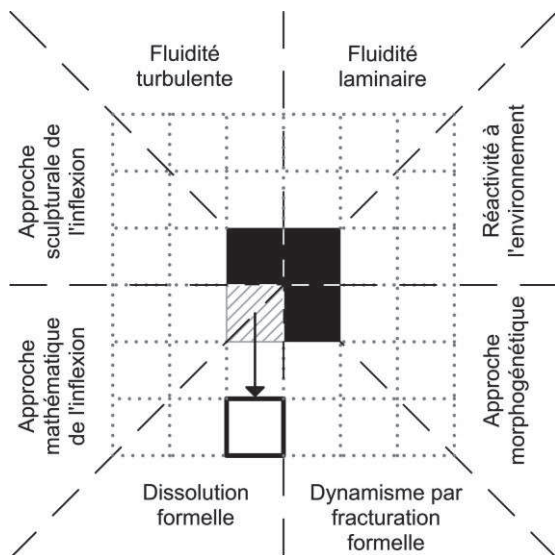


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la dissolution formelle.

l'architectonique dans ces deux éléments naturels par des effets de transparence et réflexion. Rapporté à la dissolution formelle du degré 1 de fluidité des thermes de Vals, suggérée par la décomposition progressive de la masse rocheuse en plusieurs volumes, la dissolution formelle des Pavillons Les Cols est le résultat non seulement de leur composition géométrique, mais aussi de leur dématérialisation. Leur légèreté, leur neutralité, leur suspension entre le ciel et la terre déterminent une dissolution totale.

L'ambiance

La réflexion et la méditation sont les idées génératrices de ce projet. La solitude et l'isolation de tout ce qui est quotidien et habituel transpose le visiteur dans un monde calme et serein, en lui permettant de « vivre autrement pour une nuit » (RCR Arquitectes, 2012). Cette idée, matérialisée à la fois par l'intimité spatiale et par le dialogue avec les deux éléments naturels, évoque une fluidité laminaire maximale.

¹ « For RCR, the only way to be in a place is to dematerialize. This dematerialization is provided by new technologies and new materials. Being a place can only be achieved with an architecture that disappears. Dematerialize to be. Adapt to the place to become the place. To belong to the place, there is only one safe passage: disappearance [...] » (Montaner, 2012, p. 45).

Cependant, outre la sérénité spatiale et l'intégration par dématérialisation, la question de la limite, et notamment de l'ambiguïté des limites, constitue un autre fondement du discours architectural de RCR Architectes (Curtis, 2012, p. 19). Dans ce projet, l'ambiguïté des limites est révélée par la capacité du verre de produire différents effets, en fonction de son traitement. Ainsi, afin de supprimer la frontière entre réalité et illusion, ce matériau est « utilisé en feuille pour sa transparence, mais aussi en masse surcollée, opalescente, opaque » (Les nuits de Garotxa : pavillons Les Cols, Olot/Girona (Espagne), 2006, p. 106). Dans cette étude de cas, comme dans le précédent, la fluidité laminaire coexiste avec la fluidité turbulente. Cette dernière s'exprime par la difficulté de distinguer l'intérieur de l'extérieur², l'image réelle de l'image virtuelle, le matériel de l'immatériel. Cette difficulté provoque des sentiments d'imprécision et d'incertitude, évoqués par la succession des éléments transparents ou translucides ou par l'association de la transparence du verre et de l'eau³. L'eau, un autre composant naturel du projet, est présente dans les cinq pavillons sous la forme d'une baignoire « naturelle », dont le sol est couvert de petits caillots, donnant l'impression d'« entrer dans une rivière » (RCR Architectes, 2012).

Cette étude de cas souligne la fluidité mouvante totale, exprimée aussi bien par la fluidité laminaire que par la fluidité turbulente. Les deux sont particulièrement recherchées : si la



© RCR Architectes (architecte); Roland Halbe (photo)
Source : Centre suisse de la construction métallique, 2008

Figure 5. Vue intérieure : La coexistence de la fluidité laminaire et de la fluidité turbulente

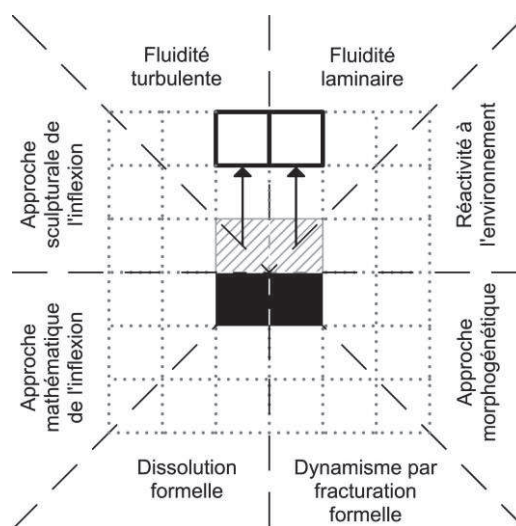


Figure 6. La représentation graphique de la fluidité mouvante

² « The boundaries between external and internal space are blurred, and there is a disturbing sensation of being "outside" » (Gästepavillons in Olot : Guest Pavilions in Olot, 2006, p. 616).

³ « The "bathroom" [...] seems to be an empty space. Areas of waters are scarcely distinguishable from the glass surfaces » (*Ibid.*, 2006, p. 616).

fluidité laminaire est l'idée essentielle du projet, la fluidité turbulente est le résultat du questionnement sur l'ambiguïté des limites. Grâce au degré de fluidité des carrés déplacés, nous considérons ce projet comme un exemple de fluidité complexe.

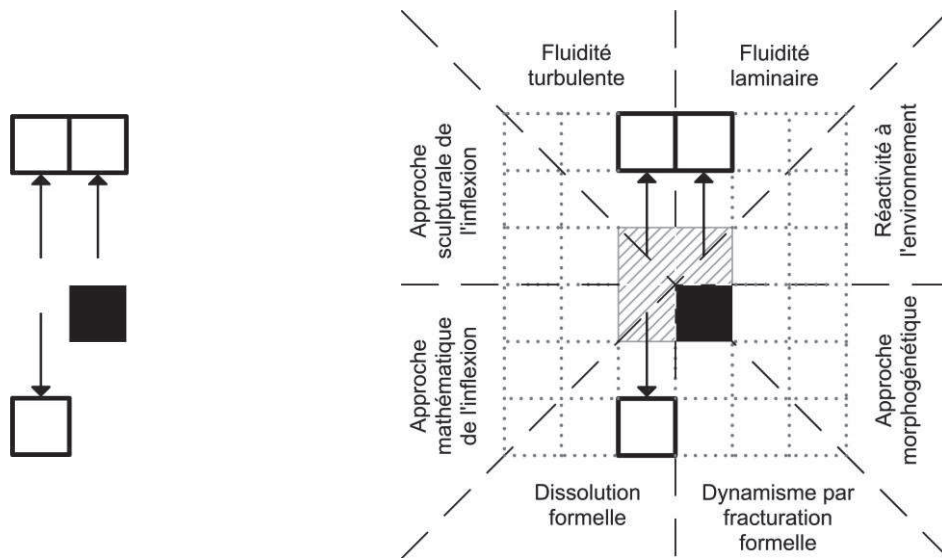
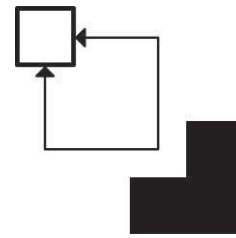


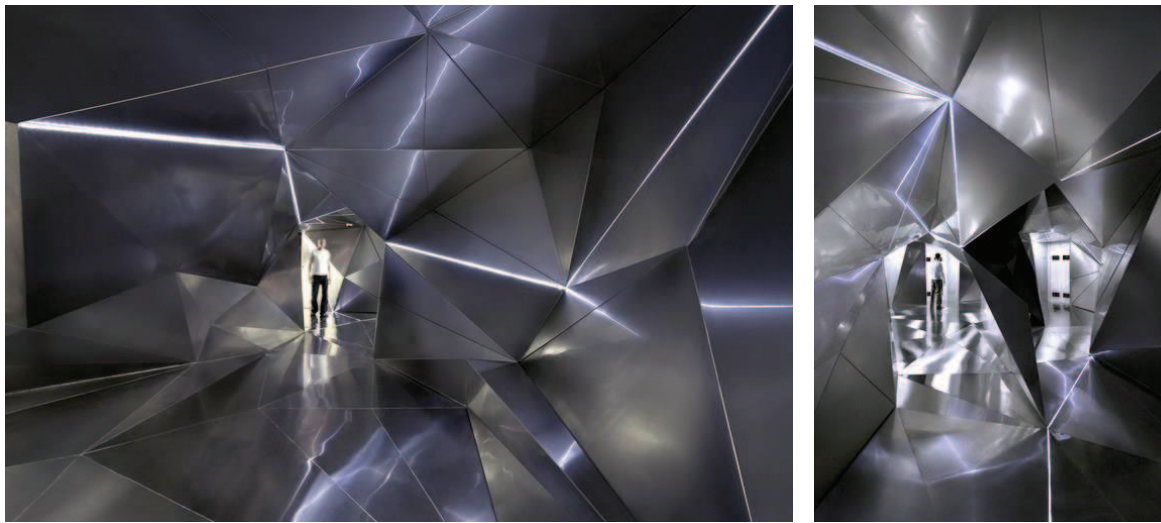
Figure 7. La représentation graphique de la fluidité du bâtiment.

Aménagement du 4^e étage de l'hôtel Puerta America

Architecte : **Plasma Studio**
Programme : **Hôtel**
Date : **2005**
Lieu : **Madrid, Espagne**



L'idée du projet Hôtel Puerta America est incarnée par la volonté d'offrir une palette variée d'options aux clients. Pour cette raison, chaque étage est réalisé par un architecte différent, d'une autre manière, en évoquant une ambiance particulière. Nous avons choisi, comme étude de cas, le 4^e étage de cet hôtel conçu par Plasma Studio, grâce à son caractère fluide, associé à la fois au concept formel et à l'ambiance turbulente révélée par un espace complètement artificiel. En outre, les expressions fluides de cet exemple sont mieux repérées si elles sont rapportées à l'exemple précédent car leur programme est similaire et leur échelle est comparable.



© Plasma Studio

Source : plasmastudio.com/work/Hotel_Puerta_America.html

Figure 1. Vues intérieures du bâtiment.

La géométrie

La commande était de penser d'une manière homogène les chambres et le couloir. Le concept de Plasma Studio est de créer un espace original, matérialisé par le couloir, et une transition de cet espace abstrait et artificiel vers l'extérieur du bâtiment par les chambres. Le fondement géométrique du tunnel est l'interprétation des éléments répétitifs, comme les murs de partition et les portes d'accès aux chambres, qui habituellement définissent les couloirs des hôtels. Ainsi,

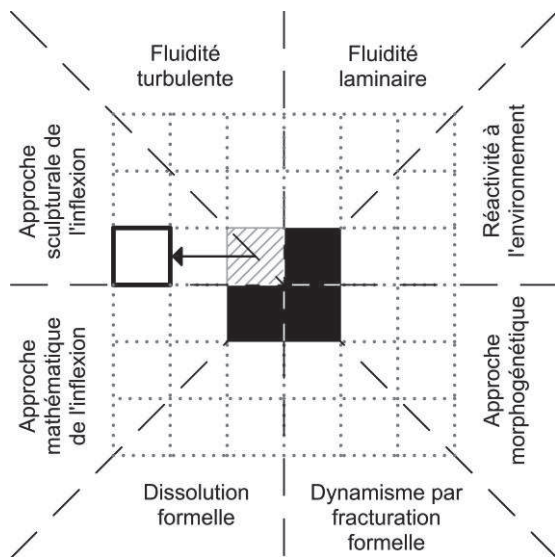


Figure 2. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion (anguleuse).

ces éléments sont considérés comme des repères selon lesquels la géométrie fracturée du tunnel se modifie. La fluidité figée de l'architecture du couloir est incarnée par l'agressivité des angles et des diagonales et par la multitude des plis, différents en chaque point de la surface. Ainsi, même si la surface est caractérisée par une série de plis et de lignes brisées, elle est perçue comme une forme continue, mais *takétienne*¹, et non comme une forme fracturée. La fluidité figée est dans ce cas le résultat d'une approche sculpturale de l'inflexion, même s'il s'agit d'une inflexion anguleuse et non sinueuse.

En tant qu'espace de transition entre le délire intérieur du couloir et la réalité du monde extérieur, les chambres conservent seulement certaines fractures, présentes dans les surfaces opaques du mobilier et dans les surfaces transparentes des parois en verre. L'agressivité des angles est réduite et les plis se concrétisent en réalité par des accents subtils dans une composition plus « ancrée ». Néanmoins, nous analysons plutôt l'espace du couloir, où les



© Plasma Studio
Source : plasmastudio.com/work/Hotel_Puerta_America.html

Figure 3. L'intérieur du couloir (gauche) et l'intérieur d'une chambre (droite).

Le deux images nous révèlent l'interprétation différente du pli et de la ligne brisée dans les deux espaces et appuient l'argument selon lequel notre analyse se concentre plutôt sur le couloir en tant qu'un exemple de fluidité architecturale.

¹ Le terme « takete » a été expliqué dans le chapitre « Chaos, fractales et catastrophes comme des expressions architecturales fluides » (page 50).

expressions de la fluidité architecturale sont plus présentes et qui déterminent le caractère de l'aménagement.

L'ambiance

En ce qui concerne la fluidité mouvante de cette étude de cas, elle est comparable avec l'ambiance des Pavillons Les Cols grâce au même sentiment d'ambiguïté qui les caractérise. Dans les deux exemples, la fluidité turbulente est d'abord évoquée par l'utilisation des matériaux et seulement secondement par la géométrie choisie, qui souligne leurs attributs. Les qualités matérielles contrastantes, comme la transparence du verre (choisie pour les Pavillons Les Cols) ou l'opacité du métal (choisie pour cette étude de cas) peuvent déterminer, par des procédés de composition formelle différents (la superposition de panneaux en verre ou le pliage du volume), des sentiments similaires. La lumière constitue l'élément qui met en évidence ces qualités matérielles et amplifie l'ambiguïté et l'imprécision des limites physiques. Même si les architectes de Plasma Studio emploient la lumière artificielle non seulement comme un élément perturbateur, mais aussi comme un élément qui, par le biais de sa couleur, guide les clients vers leur chambre, les réflexions des surfaces métalliques utilisées pour toutes les facettes du volume déformé, y compris pour le sol, évoque plutôt la désorientation des visiteurs. Pour cette raison, nous considérons la fluidité turbulente maximale.

Pour ce qui est du pictogramme associé à cette étude de cas, la fluidité architecturale est le résultat d'une association de la fluidité figée et de la fluidité mouvante. Elle est ainsi représentée à la fois par une approche sculpturale de l'inflexion (anguleuse) maximale et par une fluidité turbulente totale.

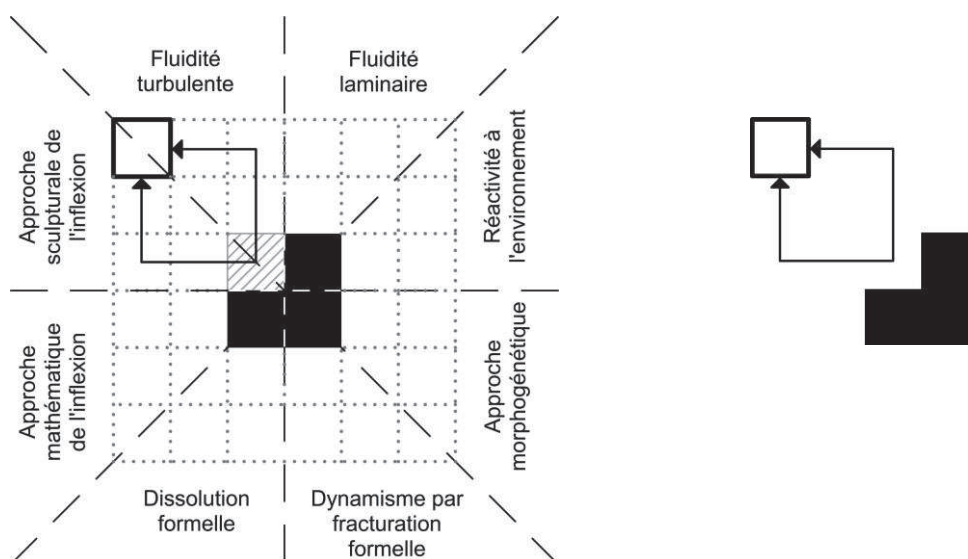
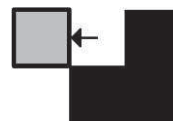


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité du projet.

Puisque ce projet est également caractérisé par l'approche sculpturale de l'inflexion que par la fluidité turbulente, le carré est positionné sur la diagonale qui sépare les deux critères. Les flèches suggèrent les parcours différents pour chaque critère, en soulignant le fait que la fluidité turbulente n'est pas uniquement le résultat de la géométrie proposée, mais une intention indépendante.

Pavillon 21 MINI Opera Space

Architecte : **Coop Himmelb(l)au**
Programme : **Opéra pour des performances expérimentales**
Date : **2010**
Lieu : **Munich, Allemagne**



Le pavillon 21 MINI Opera Space constitue la « traduction » architecturale de la musique par le biais des outils numériques paramétriques. La musique, par ses ondes sonores, par ses modulations et par son harmonie compositionnelle, a un caractère profondément fluide. Le choix de ce projet comme étude de cas nous permet de vérifier si cette « traduction » architecturale de la fluidité musicale a comme effet une fluidité figée ou une fluidité mouvante.



© Coop Himmelb(l)au (architecte), Duccio Malagamba (photo)

Source : coop-himmelblau.at/architecture/projects/pavilion-21-mini-opera-space/

Figure 1. Vue extérieure du pavillon (à gauche) et vue de l'intérieur du lobby (à droite)

La géométrie

La géométrie pliée du volume, composée de plusieurs pyramides de différentes dimensions, incarne par leurs fréquences sonores l'interprétation numérique des deux séquences musicales : *Purple Haze* de Jimi Hendrix et *Don Giovanni* de Mozart. L'interprétation formelle de la musique devient plutôt minérale que fluide. Rapportées à l'aménagement du 4^e étage de l'hôtel Puerta America, les transitions entre les surfaces sont plus brutales, avec des diagonales plus violentes et des angles plus aigus. Même si, apparemment, ce projet ne présente aucune expression fluide, nous considérons qu'il existe un élément par lequel la fluidité musicale est traduite : la continuité formelle par l'inflexion anguleuse. Cette inflexion, présente aussi dans le projet de

Plasma Studio, constitue l'abstraction de la dynamique sonore. Néanmoins, l'agressivité formelle des plis, plus évidente dans ce cas que dans le cas précédent, influence la continuité formelle : son degré de fluidité n'est plus maximal, il s'établit au degré 1. Nous avons choisi ce projet afin de souligner que la dimension dynamique d'un projet et sa fluidité ne sont pas toujours directement proportionnelles : une dimension dynamique plus élevée ne signifie pas nécessairement une fluidité plus élevée. La manière par laquelle la dimension dynamique est interprétée dans l'architectonique d'un projet a un impact très important sur les expressions fluides du bâtiment. Ainsi, l'accent fluide de la géométrie du pavillon 21 MINI Opera Space est évoqué par les plis de la surface, qui expriment une interprétation de la continuité formelle, mais leur dynamique « violente » limite cette continuité et implicitement, sa fluidité.

L'ambiance

Contrairement à l'étude de cas précédente, où la fluidité figée est accentuée par la fluidité mouvante (l'ambiguïté des limites), l'accent fluide de ce projet mobile¹ est perçu plutôt à l'extérieur du bâtiment qu'à son intérieur : le lobby est le seul espace intérieur où la géométrie déformée de l'architectonique est visible, tandis que la salle de concerts est une simple boîte rectangulaire. Dans ce cas, l'ambiance ne présente aucune expression fluide particulièrement recherchée : même les plis visibles à l'intérieur ne provoquent aucune confusion ou ambiguïté spatiale.

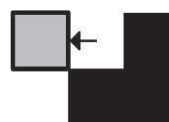
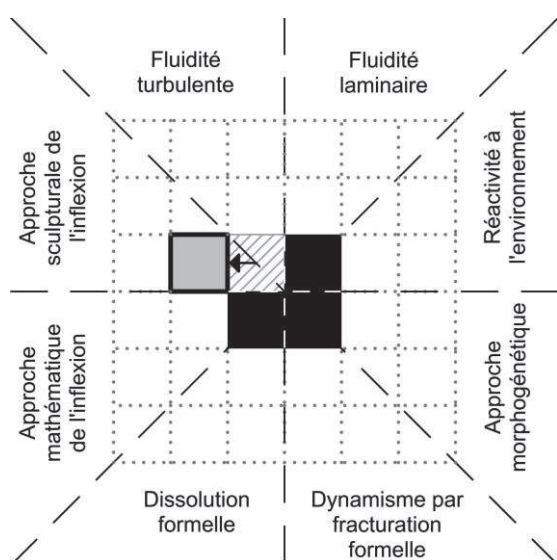


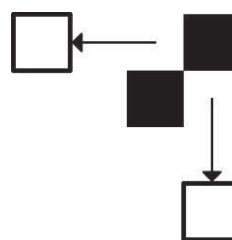
Figure 2. La représentation graphique de la fluidité du bâtiment.

Toute la fluidité associée à ce projet est concentrée dans l'accent fluide de l'architectonique, représenté par le pictogramme associé à l'étude de cas : un seul carré déplacé et un seul critère exploité, à son degré 1 de fluidité.

¹ Le projet de Coop Himmelb(l)au est conçu à partir de deux contraintes : la contrainte imposée par le programme qui se réfère à l'acoustique du projet et la contrainte imposée par la demande, qui concerne la mobilité du bâtiment dans la ville.

18.36.54

Architecte : **Daniel Libeskind**
Programme : **Maison**
Date : **2010**
Lieu : **Connecticut, États-Unis**



La maison 18.36.54 est un exemple qui continue la série de géométries composées de plans inclinés, diagonales et angles aigus. Puisque Daniel Libeskind définit ce projet comme une « composition musicale » et comme une « maison fluide » (Libeskind, 2011), l'objectif de l'analyse fluidique de cette étude de cas est de découvrir la deuxième interprétation architecturale de la musique, rapportée au Pavillon de Coop Himmelb(l)au, en mettant en évidence la différence de fluidité entre les deux approches.



© Daniel Libeskind (architecte), Nikolas Koenig (photo)

Source : libeskind.com/work/18-36-54/

Figure 1. Vue extérieure de la maison

La géométrie

L'architecte Daniel Libeskind associe la composition musicale à une spirale, à un ruban déployé, matérialisé par la géométrie déformée de la maison. Le nom du projet, 18.36.54, désigne le nombre de plans, d'angles (ou points) et de lignes qui définissent la spirale. Nous observons que dans ce cas, la composition musicale est aussi interprétée par la continuité formelle. Cependant, cette étude de cas, rapportée aux exemples précédents, incarne non seulement une fluidité

formelle évoquée par la géométrie pliée, mais aussi une fluidité spatiale, révélée par la fracturation volumétrique de l'intérieur. Ainsi, la maison constitue une composition d'une spirale complexe et abstraite (*Ibid.*, 2011), matérialisée par des plans opaques en acier inoxydable et des plans transparents en verre. Même si selon le processus de conception, la maison est pensée comme une surface continue, pliée sans interruption, cette continuité n'est pas facilement



© Daniel Libeskind (architecte), Nikolas Koenig (photo)
Source : libeskind.com/work/18-36-54/

Figure 2. Vues extérieures de la maison : la continuité de la spirale en acier inoxydable.

perçue.

A l'intérieur, la continuité des surfaces coexiste avec la fracturation entre les éléments opaques et les éléments transparents. Similairement au Pavillon de Mies van der Rohe à Barcelone, le dialogue entre l'intérieur et l'extérieur est facilité par les éléments opaques et lourds qui traversent l'intérieur et se prolongent à l'extérieur, au-delà de la limite transparente. Néanmoins, la distinction réside dans la continuité formelle de ces éléments opaques à l'extérieur, où ils ne sont plus des éléments singuliers, mais font partie d'une composition en origami. Pour cette raison, le critère exploité dans ce cas n'est pas la dissolution formelle, comme dans le cas du pavillon de Barcelone, mais une fracture, une rupture de la continuité lors du croisement de la limite transparente. Contrairement au pavillon de Coop Himmelb(l)au, la fluidité de la maison 18.36.54 est directement proportionnelle avec sa dynamique compositionnelle car celle-ci constitue l'essence du projet et non seulement une peau secondaire, presque imperceptible de l'intérieur. L'analogie à la composition musicale est incarnée non uniquement par les diagonales accentuées et les plans inclinés qui parfois deviennent des parties intégrantes du meuble, mais aussi par la conception spatiale.

Ainsi, la fluidité architecturale est évoquée à deux échelles : au niveau formel, la continuité du ruban, en tant que fondement du projet, coexiste avec la fracturation découlée de l'interpénétration de celui-ci et des éléments singuliers en verre ; au niveau spatial, cette coexistence de la continuité et de la fracturation détermine un espace fluide et libre, qui s'écoule parmi les murs et le mobilier dans une composition architecturale unitaire, sans portes

mais pourtant intime. Même si la représentation tridimensionnelle de la spirale est non ondulée, mais pliée, produisant des angles aigus et des diagonales agressives, la continuité formelle s'exprime par une approche sculpturale de l'inflexion (anguleuse). Le nom de la maison, qui indique les attributs géométriques de la surface du ruban, peut donner l'impression d'une approche mathématique mais, le pliage aléatoire une surface linéaire selon certaines directions et certains angles constitue un geste sculptural. Quant à la fluidité figée, puisque la maison est complètement définie par cette continuité formelle, nous considérons l'approche sculpturale de l'inflexion comme un critère exploité au maximum.

Le dynamisme par la fracturation formelle est plus évident depuis l'intérieur de la maison, où les lignes continues deviennent brisées et les volumes obliques se décomposent en une succession de plans inclinés séparés. Pour cette raison, la fluidité figée est également le résultat d'une fracturation formelle maximale.

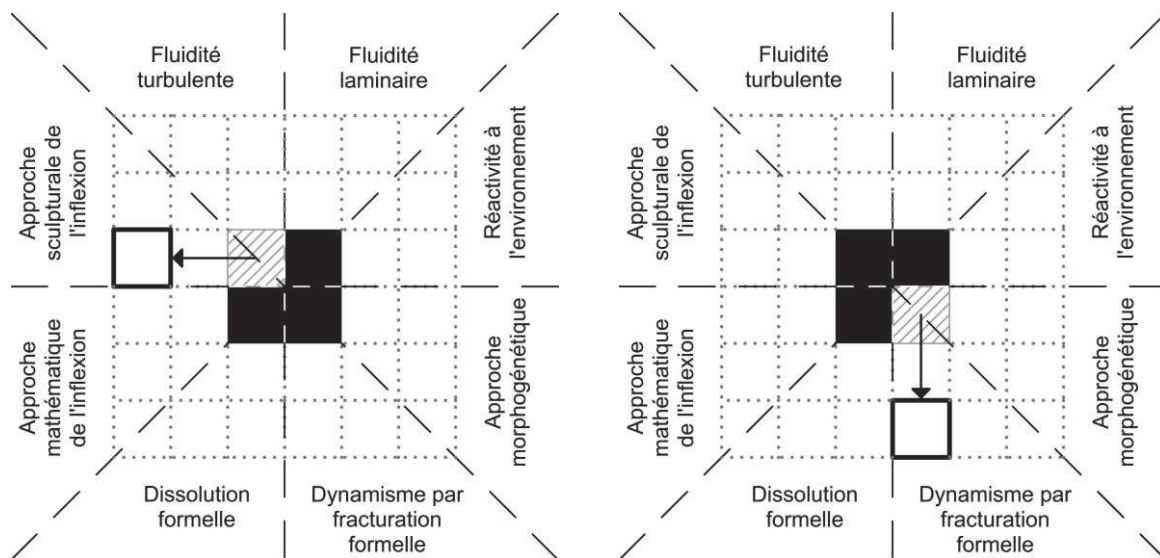


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion (continuité formelle) et par la fracturation formelle (la conception moderne).

L'ambiance

La demande du client pour l'architecte concerne non une maison classique, mais la représentation d'une aventure, d'un voyage (*Ibid.*, 2011). Cette idée est incarnée par l'intérieur ouvert, l'espace libre et par le parcours fluide. Le parcours implique la découverte du bâtiment et, similairement aux thermes de Peter Zumthor, celui-ci implique la surprise comme élément d'articulation. Il nous semble important de mentionner à nouveau l'importance du programme par rapport à la fluidité mouvante car si cette maison était un musée, nous considérerions son ambiance comme une fluidité mouvante avec des accents turbulents.



© Daniel Libeskind (architecte), Nikolas Koenig (photo)
 Source : libeskind.com/work/18-36-54/

Figure 5. Vues intérieures de la maison : la continuité formelle coexiste avec la fracturation volumétrique.

Les limites entre les différents espaces, y compris entre l'espace intérieur et l'espace extérieur, ne sont pas très évidentes. Ainsi, un visiteur pourrait être confus par rapport à la compréhension du parcours. Mais, du point de vue de l'habitant, cette confusion disparaît car il s'est familiarisé avec la conception spatiale de la maison. Pour cette raison, la surprise, en tant qu'élément activateur des accents turbulents, est valable uniquement pour les visiteurs de ce bâtiment. Ainsi, dans ce cas, nous considérons que la fluidité mouvante n'est pas un critère qui influence la fluidité du projet.

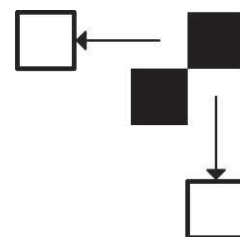
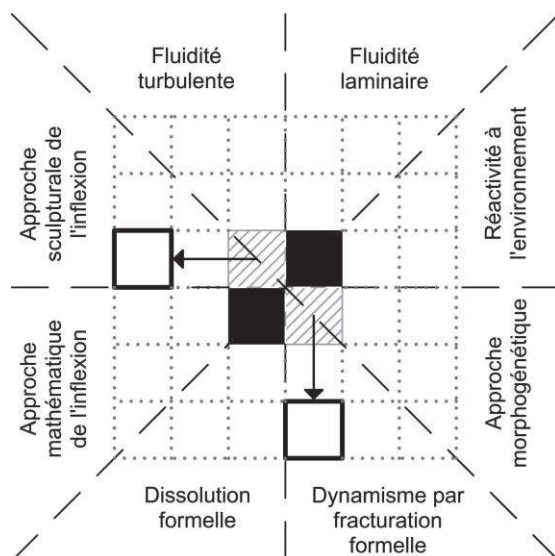


Figure 6. La représentation graphique de la fluidité du bâtiment.

FRAC Centre : Les Turbulences



Architecte : **Jakob + MacFarlane**

Programme : **Médiathèque et café pour l'espace muséal de FRAC**

Date : **2013**

Lieu : **Orléans, France**

Le projet Les Turbulences est un exemple de continuité formelle et d'interactivité, en interprétant, par le biais des moyens numériques paramétriques, les données du site. L'idée de continuité par pliage est aussi présente dans cette étude de cas, mais la forme n'est pas conçue à partir d'une surface initiale linéaire transformée en un volume facetté, comme dans le cas de la maison 18.36.54, par un processus répétitif de pliage, mais à partir des éléments linéaires, qui composent une grille déformée.



© Jakob + MacFarlane (architecte) ; Nicolas Borel (photo)
Source : JAKOB + MACFARLANE : dossier pédagogique, [s.d.], p. 16



© Irina Voda (photo)

Figure 1. Vues extérieures du bâtiment.

La géométrie

Sur le site du futur FRAC (Fonds Régionaux d'Art Contemporain) Center à Orléans, deux bâtiments militaires existants, des XVIII^e et XIX^e siècles, doivent être fonctionnellement adaptés à la nouvelle fonction, qui inclut notamment des espaces d'expositions, aussi bien pour la collection permanente que pour les différentes expositions temporaires. Le projet analysé par cette étude de cas est un bâtiment nouveau, une extension contemporaine qui accueille les fonctions additionnelles, comme l'entrée, la médiathèque et le café, en constituant un signal pour le public et un symbole du FRAC.

Le concept géométrique du nouveau bâtiment est fondé sur la transformation des trames des bâtiments existants en une nouvelle grille, qui matérialise, la notion d'expérimental (terme qui

définit la collection permanente du FRAC Centre, « Architectures expérimentales »), en créant un espace de transition entre les deux bâtiments historiques et la nouvelle construction. A partir de la rigueur constructive et spatiale historique, par la déformation du parvis et par l'émergence formelle du nouveau bâtiment, les architectes de Jakob + MacFarlane interprètent cet espace de transition comme un processus, comme une turbulence (MacFarlane, Basulto, 2013). Ainsi, l'édifice est composée de trois « conditions turbulentes » (MacFarlane, Jakob, Mestaoui, et al., 2013), l'élément le plus grand constituant aussi le signal qui attire



© Jakob + MacFarlane (architecte) ; Irina Voda (photo)

Figure 2. Le bâtiment constitue la continuation formelle du parvis par des éléments linéaires qui émergent du sol. La géométrie de l'édifice se soulève, par un pliage plus accentué, devant les deux accès.

l'attention du public.

Du point de vue de la fluidité figée, une seule surface initiale déformée selon la technique de l'origami (la maison de Libeskind) ou plusieurs éléments linéaires émergeant du sol qui composent la volumétrie par une extrusion formelle¹ (le projet de Jakob + MacFarlane), sont deux approches qui expriment différemment la continuité formelle. Cette différence réside non dans l'approche de l'inflexion courbe ou anguleuse, la dimension des facettes ou l'agressivité des diagonales, mais dans la manière de penser le projet car si Daniel Libeskind développe une géométrie pliée par

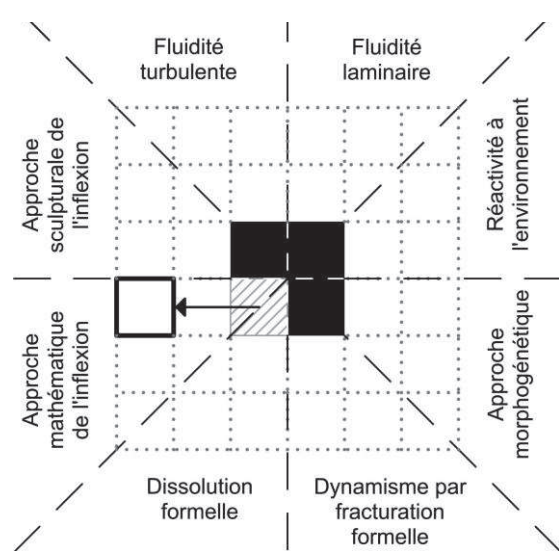


Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche mathématique de l'inflexion (la continuité formelle).

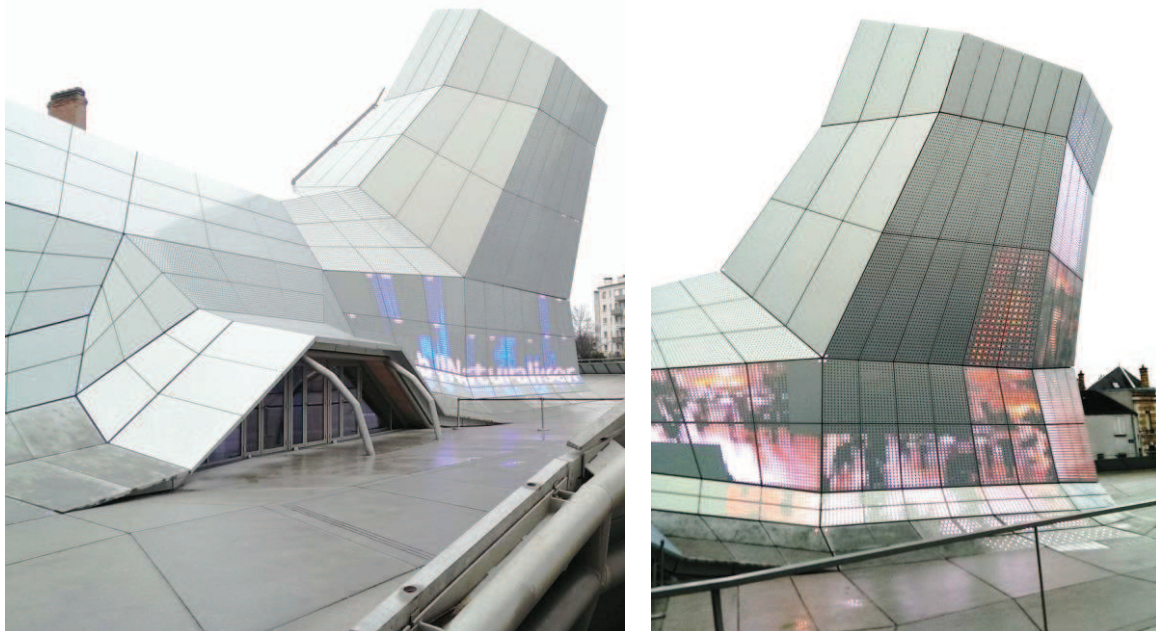
Grâce à son fondement algorithmique, nous considérons le processus paramétrique comme une approche mathématique de l'inflexion. Le degré de fluidité par ce critère devient maximal.

¹ « Selon un processus d'extrusion et de déformation paramétrique des lignes originelles, ils font alors émerger du sol une zone de "turbulence", en forme de triple croissance facettée, dont le dessin des carreaux déformés établit une totale continuité avec le sol, lui-même tramé » (Brayer, 2013, p. 40).

une approche sculpturale, Jakob + MacFarlane « traduisent » paramétriquement les données du site, donc leur approche est plutôt mathématique que sculpturale. Pour cette raison il existe la même différence d'approche entre le projet Les Turbulence et l'aménagement du 4^e étage de l'hôtel Puerta America : en dépit d'une apparente similitude entre les surfaces facettées, dans le cas du projet de Plasma Studio, l'interprétation des éléments répétitifs se matérialise par une peau sculpturale², tandis que le nouveau bâtiment du FRAC Centre incarne les données du site non seulement comme des repères, mais comme des paramètres.

L'interactivité

La question de l'interactivité se résume, comme dans le cas du pavillon One Ocean, à une animation de la façade. L'animation du bâtiment Les Turbulences ne suppose plus la déformation de la façade par ses qualités matérielles, mais plutôt une variation lumineuse selon des conditions environnementales. Electronic Shadow, le concepteur de la façade lumineuse, qualifie leur projet immatériel comme un cumul de plusieurs « résonances », qui implique la dématérialisation de la structure du bâtiment par la lumière, la transmission des informations (par quelques mots) liées aux différents événements du FRAC Centre et l'interprétation des données climatiques, qui permet l'évolution temporelle du bâtiment (Brayer, 2013, p. 33).



© Jakob + MacFarlane (architecte) ; Irina Voda (photo)

Figure 4. La façade interactive du bâtiment.

Afin de transmettre au public et aux possibles visiteurs des informations par rapport aux événements, des mots ou des images sont traduits par la « peau de lumière » (Brayer, 2013, p. 61). Dans ces photos, par le biais du jeu lumineux de la façade, le FRAC Centre présente l'exposition temporaire « Naturaliser l'architecture ».

² Cette peau sculpturale se dilate selon les murs de séparation des pièces et se contracte selon les portes d'accès à celles-ci. Néanmoins, la surface pliée varie à travers le couloir sans qu'elle soit influencée par des paramètres numériques. Ainsi, cette variation est purement formelle, une décision sculpturale du concepteur.

Le climat, le vent, la température ou la qualité de l'air constituent des « paramètres qui interfèrent avec la peau du bâtiment » (MacFarlane, Jakob, Mestaoui, et al., 2013). Ainsi, par ce jeu de lumière, de légèreté, le mouvement ou la transparence deviennent des nouvelles qualités de l'architecture minérale de Jakob + MacFarlane (*Ibid.*, 2013). Même s'il existe la possibilité d'ajouter de nouvelles « résonances » qui concerneraient les interférences entre le bâtiment et le public, rapportée au pavillon de Lars Spuybroek, où le dialogue entre le visiteur et l'espace d'exposition se déroule non uniquement au niveau visuel, mais aussi au niveau sensoriel, l'interactivité du projet FRAC Centre se résume à un degré 1 de fluidité.

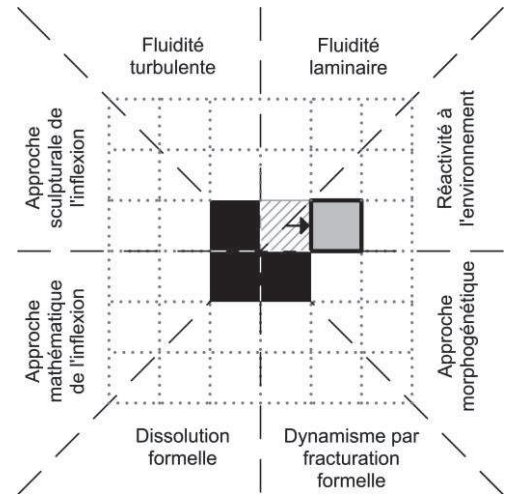


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la réactivité à l'environnement.



© Jakob + MacFarlane (architecte) ; Roland Halbe (photo)
Source : Brayer, 2013, p. 98

Figure 6. Vues intérieures du bâtiment.

Les deux photos représentent deux des trois « conditions turbulentes ». L'éclairage naturel est réalisé par l'oculus de chaque « cheminée ».



© Achilles Farshid Kardan (photo)

L'ambiance

A l'intérieur du bâtiment, les trois « cheminées » ou « conditions turbulentes » se transforment en trois oculi par lesquels les espaces de la médiathèque, du café et de la billetterie sont naturellement éclairés (MacFarlane, Basulto, 2013). La surface facettée de l'extérieur est aussi visible à l'intérieur mais, contrairement au projet de Plasma Studio, cette surface n'introduit pas une ambiance turbulente. L'éclairage naturel et les qualités matérielles des panneaux en bois ou en verre et de la structure métallique apparente déterminent une compréhension spatiale totale, sans aucune confusion ou ambiguïté. Nous considérons que, même si l'atmosphère est plutôt laminaire, en réalité il n'existe pas de volonté particulière pour une certaine fluidité mouvante. L'espace intérieur est spectaculaire grâce à l'architecture : il constitue le résultat d'un processus formel paramétrique et non le critère principal à partir duquel le projet est conçu, comme dans les études de cas précédentes.

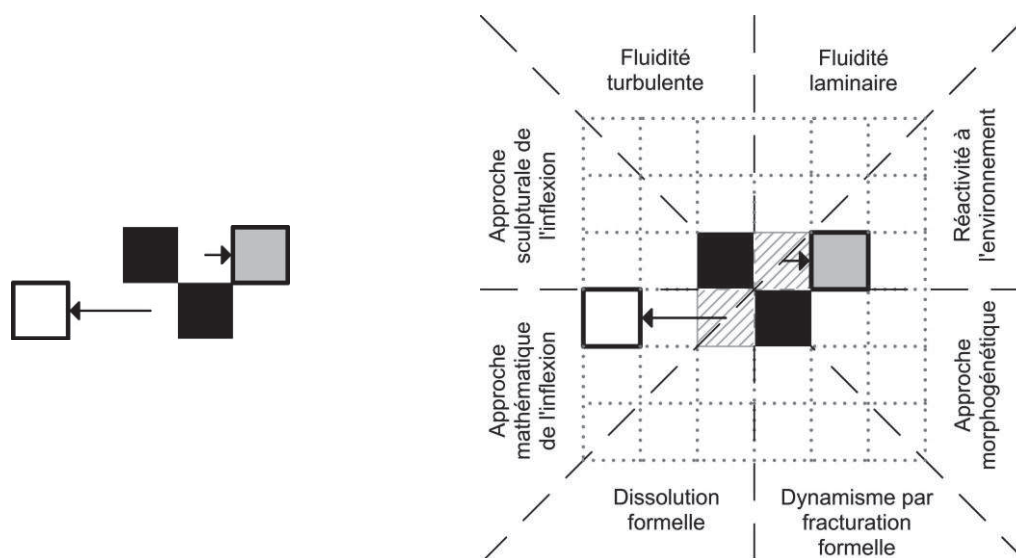


Figure 7. La représentation graphique de la fluidité du bâtiment.

Le pictogramme associé à cette étude de cas révèle la « traduction » de la notion de « turbulence », d'instabilité et de transformation continue, par deux critères de la fluidité : la continuité formelle par une approche mathématique de l'inflexion et la dimension organique, exprimée par l'interactivité du bâtiment.

ICD/ITKE Research Pavilion 2011

Architecte : **ICD (Achim Menges) & ITKE (Jan Knippers)**

Programme : **Pavillon temporaire**

Date : **2011**

Lieu : **Université de Stuttgart, Allemagne**



Le projet développé par ICD (Institute for Computational Design) et ITKE (Institute of Building Structures and Structural Design) est un pavillon défini par la même surface facettée que les projets précédemment analysés. La différence fondamentale entre toutes ces études de cas réside dans le processus de conception. Si la maison 18.36.54 de Daniel Libeskind est le résultat d'un processus de pliage d'une surface initiale continue et Les Turbulences de Jakob + MacFarlane le résultat d'un processus d'interprétation paramétriques des données existant sur le site, le projet d'Achim Menges et Jan Knippers incarne, par la performance structurelle et matérielle, une approche biomimétique.



© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 1. Vues extérieures du bâtiment.

La géométrie

Par le choix de plusieurs géométries similaires, notre objectif est de souligner comment certains projets, qui apparemment sont formellement semblables, peuvent différer du point de vue de la fluidité. Puisque la fluidité ne dépend pas uniquement du critère formel, mais elle varie aussi selon le processus de conception, il nous semble important de mettre en évidence les différents critères de la fluidité architecturale exploités par plusieurs exemples. Ainsi, contrairement aux exemples précédents, la forme facettée du pavillon de Menges et Knippers n'est pas le résultat

d'un processus de pliage, mais plutôt d'une « morphologie performative » (Menges, 2014), fondée sur les qualités structurelles des matériaux¹.

Les principes morphologiques du pavillon sont inspirés de la structure des coquilles des oursins plats, appelés *sand dollars* en anglais (dollars de sable). Contrairement à la majorité des systèmes biologiques, caractérisés par la continuité matérielle entre les éléments, ces organismes marins font partie d'une catégorie caractérisée par une composition de parties discrètes (Menges, Schwinn, 2012, p. 122). La forme de leur coquille est une disposition de plusieurs plaques polygonales en calcite, organisées selon une règle essentielle : l'assemblage des plaques est toujours et uniquement en queues droites et à chaque point il y a seulement trois plaques qui se rencontrent.



© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 2. L'assemblage des panneaux en bois.

Chaque module est composé de plusieurs panneaux en bois, de 6.5mm d'épaisseur. Leur assemblage est toujours en queue droite. Puisque le pavillon est une construction temporaire, les concepteurs ont prévu qu'il soit démontable. Ainsi, afin de respecter cette question de démontabilité, tous les modules sont fixés par des vis.

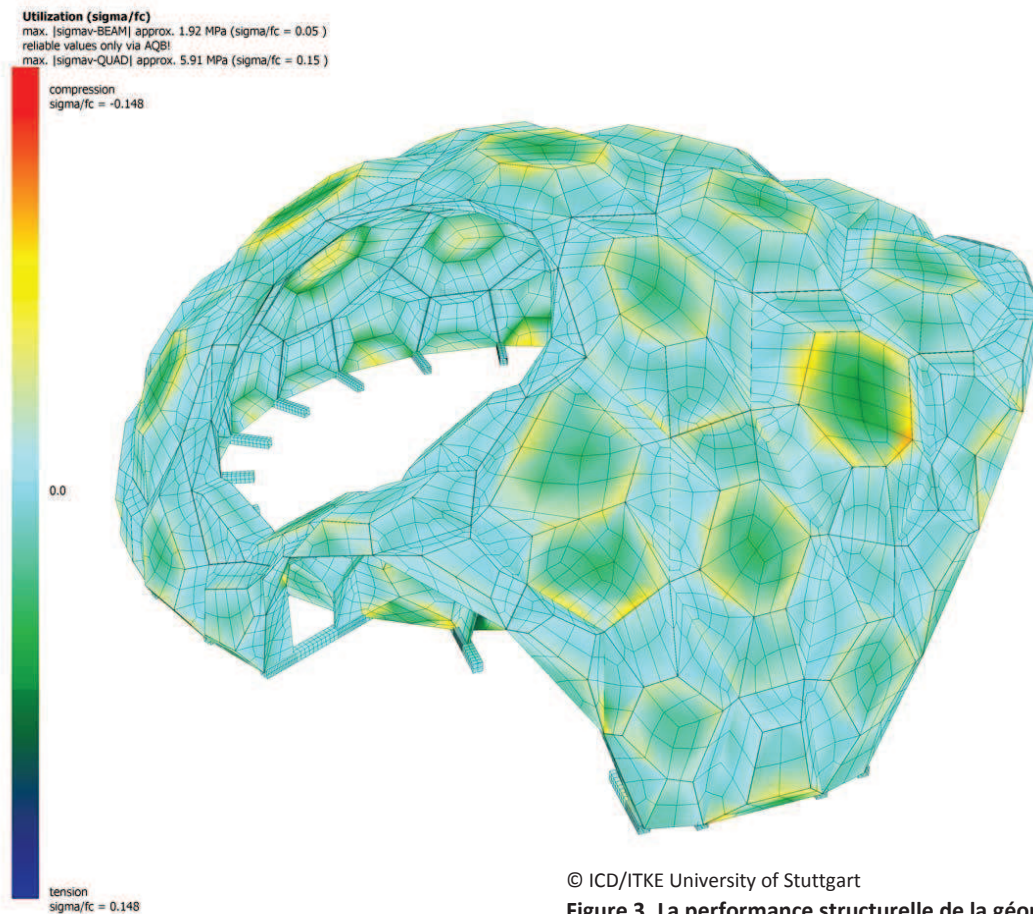
Outre cette morphologie des dollars de sable, Achim Menges et Jan Knippers introduisent une série de principes biomimétiques, comme l'hétérogénéité, selon laquelle la dimension des cellules varie en fonction de la courbure formelle, l'anisotropie, selon laquelle l'orientation des cellules dépend du flux des forces structurelles et la hiérarchie, selon laquelle la structure du pavillon est configurée à deux niveaux² : au niveau du module (pensé comme un élément tridimensionnel, avec une double peau) et au niveau du système qui suppose l'assemblage de tous les modules (*Ibid.*, 2012, p. 122-123). Par les critères morphogénétiques intégrés dans le processus de conception de la forme finale du pavillon, l'architecte développe aussi une géométrie performante du point de vue structurel³ car « au-delà d'une simple imitation de la

¹ Selon Achim Menges, « le matériau n'est plus pensé comme un récepteur passif d'une forme prédéterminée ou préconçue, mais comme un générateur actif de la conception » (Menges, 2014).

² « [...] hierarchy, where the cell configuration is composed of a two-tier plate system that is meeting the requirements of the local morphology principle. At the level of the individual module representing the doubly curved plate of the sand dollar, the plates are joined through finger joints, always with three plates meeting at one point, allowing for a form – and force-fitting monomaterial connection » (Menges, Schwinn, 2012, p. 123).

³ Cette structure autoportante est composée de 850 panneaux différents du point de vue géométrique, mais identiques du point de vue de l'épaisseur car chaque panneau a l'épaisseur de 6.5 mm. Ainsi, afin de couvrir un espace

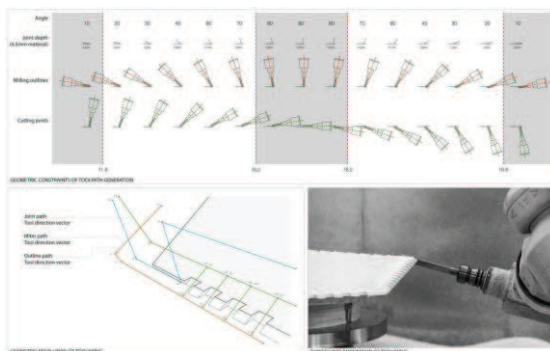
nature, l'architecte en reproduit les principes structurels afin de développer une architecture toujours plus performative » (Brayer, Migayrou, 2013, p. 224). Donc, la géométrie facettée du pavillon n'est plus le résultat d'une approche de l'inflexion, mais le résultat d'une approche morphogénétique. Conformément à la première partie de la thèse, cette approche morphogénétique est une des deux composantes contemporaines de l'architecture organique, qui suppose non seulement la dimension biomorphique (les formes continues empruntées au monde biologique), mais aussi la dimension biomimétique.



© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 3. La performance structurelle de la géométrie.

L'assemblage en queue droite implique une faible résistance aux forces de tension. La simulation ci-dessus représente les forces de tension et compression existantes



© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 4. La précision des détails.

Pour ce type d'assemblage, les découpes sont tridimensionnellement pensées car leurs angles varient selon la position du module dans la structure. La géométrie du pavillon implique une réalisation précise, accomplie par l'utilisation des robots.

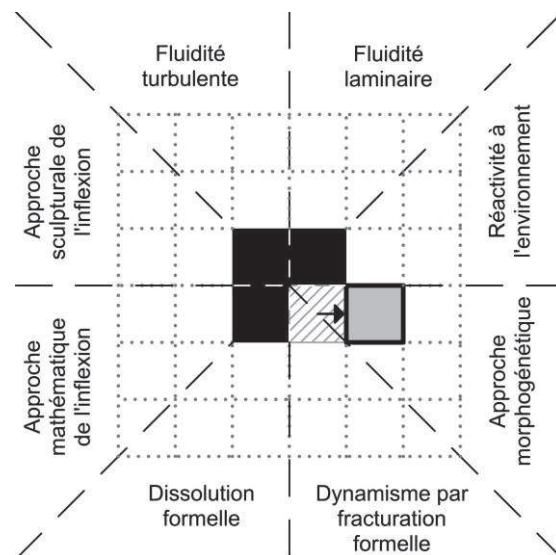
de 200m³ les concepteurs utilisent seulement 1.8m³ de bois. La réalisation de ce projet est possible grâce à la production robotique, par laquelle les 850 panneaux ainsi que plus de 100 000 découpes nécessaires pour leur assemblage en queue droite (*Ibid.*, 2012, p. 123).

Ainsi, puisque cette composante de l'architecture organique inclut la continuité formelle, le pictogramme associé à cette étude de cas exprime la fluidité architecturale du projet par un seul carré déplacé, tandis que le carré qui représente la continuité formelle (par l'approche sculpturale ou mathématique de l'inflexion) reste immuable. Cependant, après la description d'un processus fondé sur une approche morphogénétique, le fait que son degré de fluidité est limité à 1 est intrigant. Dans le monde biologique, une caractéristique importante de la morphogenèse est l'auto-organisation de la matière, une dimension qui n'est pas présente dans ce projet. Pour cette raison, nous associons le degré 1 de fluidité pour l'approche morphogénétique du Pavillon d'ICD/ITKE.

Quant à l'ambiance, même si pendant la nuit, les découpages dans les panneaux intérieurs offrent un éclairage homogène, en mettant en évidence la structure du pavillon, la fluidité mouvante ne constitue ni un critère exploité *a priori*, ni un effet de la composition géométrique.



Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche morphogénétique, qui coïncide avec la représentation graphique de la fluidité du bâtiment.



© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 5. L'éclairage du pavillon selon les moments de la journée.

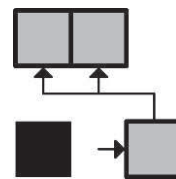
ICD/ITKE Research Pavilion 2013-2014

Architecte : **ICD (Achim Menges) & ITKE (Jan Knippers)**

Programme : **Pavillon temporaire**

Date : **2014**

Lieu : **Université de Stuttgart, Allemagne**



En 2013-2014, par un autre pavillon temporaire, les mêmes concepteurs abordent à nouveau la matérialité en termes d'efficacité et performance constructive. Dans ce cas, la surface facettée interprète un autre modèle biologique : à la place de la coquille de l'oursin, l'intérêt est porté sur les élytres des coléoptères. Afin d'identifier la manière dont la fluidité architecturale et implicitement le pictogramme associé varient, nous avons choisi plusieurs exemples similaires du point de vue formel (la surface facettée, pliée) ou du point de vue du processus de conception (l'approche morphogénétique).



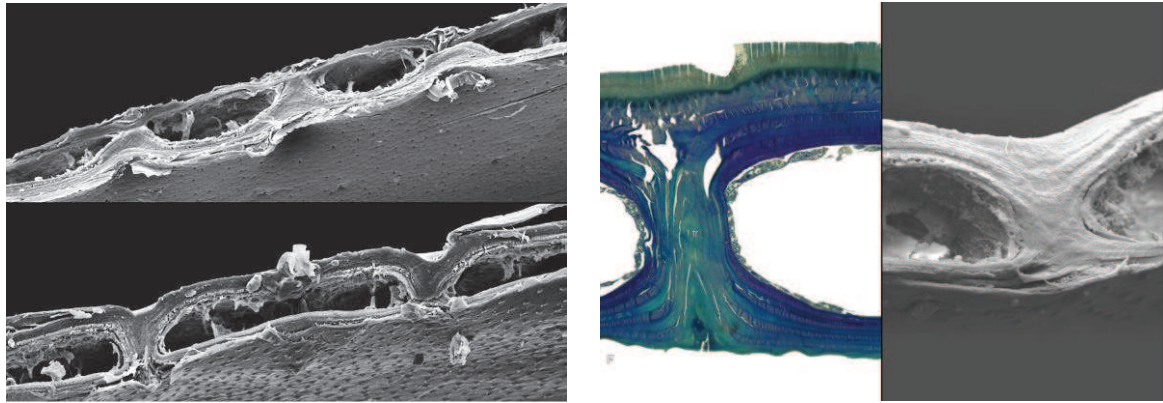
© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 1. Vues extérieures du pavillon.

La géométrie

L'objectif de ce projet et du projet précédent coïncident : souligner non uniquement le potentiel formel de l'architecture contemporaine, mais aussi son potentiel performant par l'implémentation de modèles biologiques matériellement et structurellement efficaces. Dans cet exemple, la recherche pluridisciplinaire, qui implique des biologistes, des paléontologistes, des architectes et des ingénieurs devient la condition indispensable de la conception du projet. Celui-ci reproduit l'essence de la structure matérielle des élytres des coléoptères : une structure

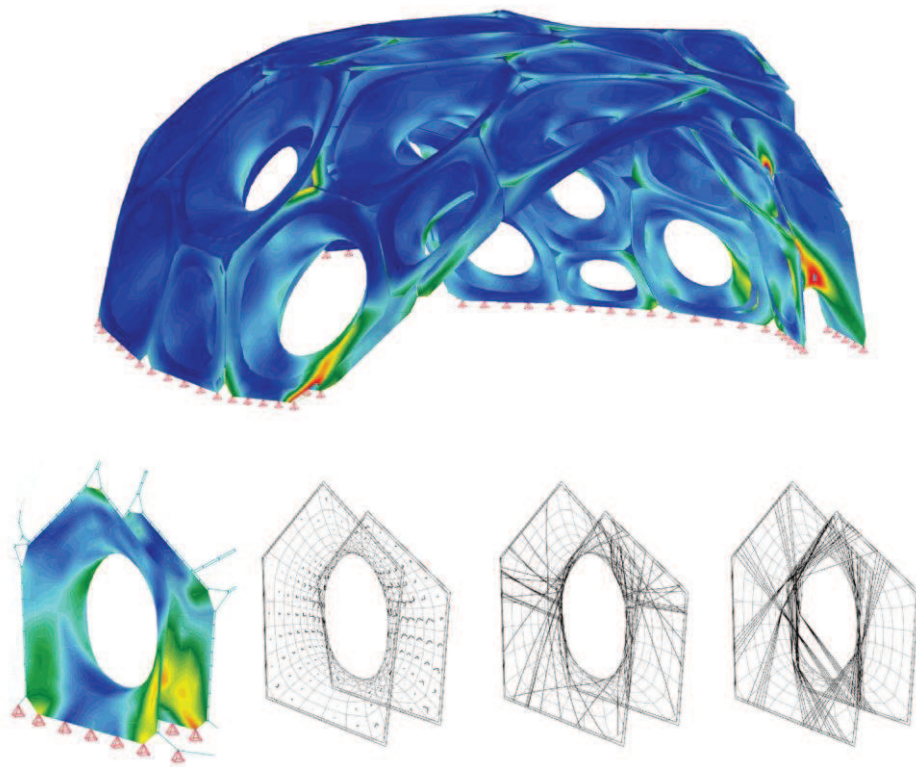
à double couches, ponctuellement connectées par des colonnes à double courbure (trabécules). Le principe fondamental de cette structure est incarné par la continuité des fibres de chitine noyées dans une matrice de protéine. En architecture, ce composite de fibres est interprété par une composition de fibres de verre et de carbone qui conservent le comportement anisotrope du composite naturel (Menges, 2014).



© Prof. Oliver Betz, Anne Buhl, University of Tübingen

Figure 2. L'analyse macroscopique d'un élytre de doryphore (*leptinotarsa decimlineata*).

Cette analyse met en évidence la structure alvéolaire de l'élytre, où les fibres des deux couches se continuent par les trabécules.

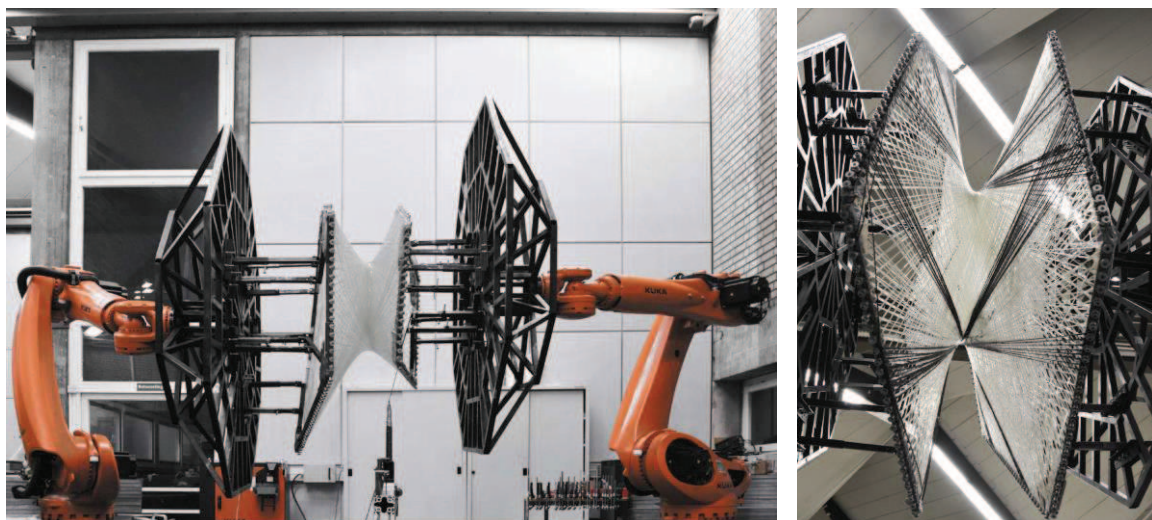


© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 3. L'objectif du projet est la légèreté maximale de la structure.

La structure du pavillon interprète la structure des élytres par une composition de plusieurs modules.

La géométrie du pavillon est pensée comme une disposition de plusieurs modules (alvéoles), et similairement au pavillon précédent, chaque module à double couches matérialise, par le tissage des deux types de fibres, un trabécule.



© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 4. La réalisation de chaque module par le biais des robots.

Le matériau de chaque module est un tissage de fibres en verre (blanches) et en carbone (noires).

Ainsi, la structure globale du pavillon reproduit la structure des élytres. Similairement au pavillon ICD/ITKE de 2011, la continuité formelle du projet n'est pas le résultat d'une approche de l'inflexion, mais d'une approche morphogénétique, caractérisée non seulement par la continuité, mais également par la complexité formelle. Pour ce qui est du degré de fluidité de ce critère, il est, comme dans l'exemple précédent, limité à 1 car l'approche morphogénétique n'implique pas l'auto-organisation de la matière.

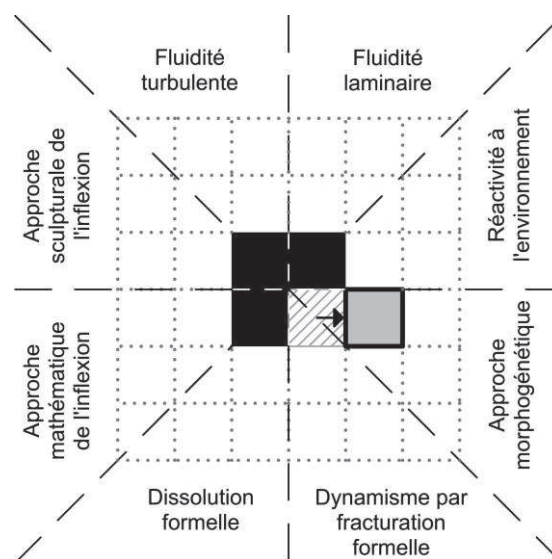


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche morphogénétique.

L'ambiance

Contrairement au pavillon précédent, l'approche morphogénétique de ce projet détermine à la fois une fluidité figée, par la continuité et la complexité formelle, et une fluidité mouvante, par la matérialité de chaque module. Le tissage des fibres en verre et en carbone exprime la translucidité de la structure, en évoquant simultanément l'ambiguïté des limites. Ainsi, la fluidité

laminaire coexiste avec la fluidité turbulente car d'une part, la translucidité des facettes révèle à l'intérieur du pavillon une fluidité laminaire et d'autre part, la géométrie des modules réalisée par une série d'éléments linéaires introduit une incertitude par rapport à la frontière exacte entre l'intérieur et l'extérieur.

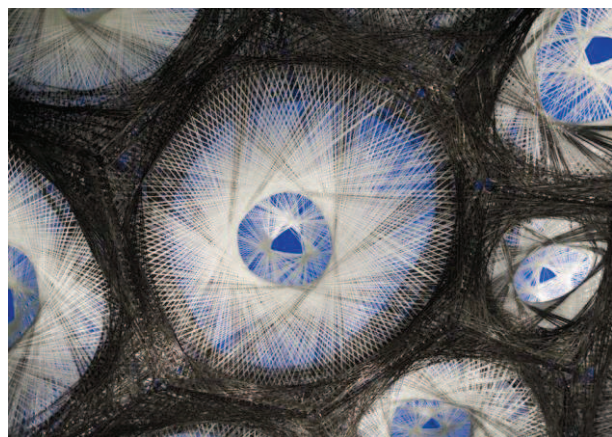


© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 6. Par le tissage des fibres, la lumière filtrée évoque une atmosphère sereine et l'ambiguïté des limites accentue la dimension turbulente de l'ambiance.

Néanmoins, le degré de fluidité de l'ambiance n'est pas maximal car ni la sérénité, par la lumière filtrée, ni la confusion, par les surfaces plutôt suggérées que clairement déterminées, ne sont pas absolues. Pour que la fluidité laminaire soit maximale, la lumière uniforme n'est pas suffisante car les accents presque surnaturels et le contraste (le clair-obscur) sont les éléments qui induisent le sentiment de béatitude et sérénité.

Quant à la fluidité turbulente, elle est évoquée par la superposition de plusieurs fibres différemment orientées, qui souligne la silhouette du pavillon. Dans ce cas, il n'existe pas de jeux de transparences et de réflexions qui mettent en doute la distinction entre le réel et le virtuel et donc, la confusion n'est pas absolue et la fluidité turbulente est, comme la fluidité laminaire, limitée au degré 1.



© ICD/ITKE University of Stuttgart

Figure 7. Vue de l'intérieur vers l'extérieur : la superposition des fibres.

Puisque la translucidité et la géométrie de chaque module sont le résultat de l'approche morphogénétique, la fluidité mouvante constitue aussi le résultat de ce processus de conception. Pour cette raison, les flèches du pictogramme associé à l'étude de cas marquent la dépendance des carrés qui représentent l'ambiance et le carré qui représente l'approche morphogénétique.

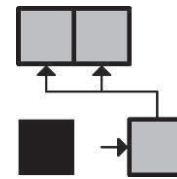
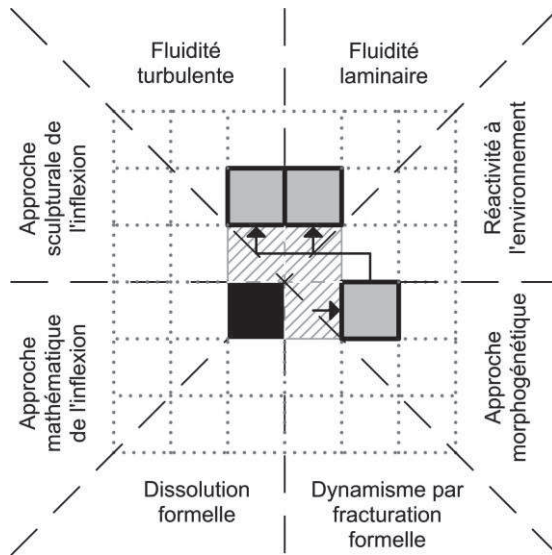


Figure 8. La représentation graphique de la fluidité du pavillon.

La fluidité mouvante est le résultat de l'approche morphogénétique.

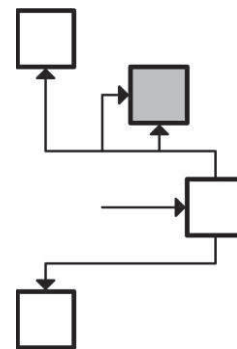
Aggregate Structure 2013

Architecte : **ICD (Achim Menges, Karola Dierichs)**

Programme : **Expérimentation formelle et matérielle par des prototypes**

Date : **2013**

Lieu : **Université de Stuttgart, Allemagne**



Les deux prototypes Aggregate Structure, un à l'échelle de 1 : 3 et l'autre à l'échelle de 1 : 1, sont le résultat du workshop *Informed Matter – Aggregate Structure*, organisé en 2013 à l'Université de Stuttgart. Nous avons choisi ces prototypes en tant qu'études de cas car cette recherche interroge le potentiel de la conception architecturale par rapport aux structures d'agrégats (de matériaux granulaires), en exploitant leurs caractéristiques rhéologiques. Cependant, ces prototypes sont fondés, comme les deux derniers exemples, sur une approche morphogénétique. Dans ce contexte, nous considérons qu'il est essentiel de comparer plusieurs projets semblables (du point de vue formel, spatial, du processus ou de l'ambiance) et d'identifier, par le pictogramme associé, leurs expressions fluides.



© ICD - Institute for Computational Design (Karola Dierichs & Achim Menges)

Source : icd.uni-stuttgart.de/?p=9658 (à gauche) ; Dierichs, Menges, 2012, p. 81 (à droite)

Figure 1. L'architecture par agrégats : vues intérieures.

La géométrie

Compte tenu de la complexité du comportement des fluides non-newtoniens, comme le sable ou la neige, la recherche architecturale dans le domaine des agrégats ne se résume pas uniquement au workshop *Informed Matter – Aggregate Structure* de 2013, mais elle se développe depuis plusieurs années. L'objectif de cette recherche est d'explorer, par des compositions architecturales appelées *aggregate architecture*, les possibilités formelles, structurelles et matérielles des agrégats à la fois comme « un modèle intellectuel alternatif de la

pensée du projet et comme une approche pragmatique de la réalisation constructive »¹. Ces compositions supposent une auto-organisation de différents éléments indépendants sans qu'ils soient fixés entre eux. L'architecture n'est plus pensée en termes de forme, mais en termes d'agrégats, en impliquant leurs caractéristiques et leur comportement. Puisque ces compositions constituent, par l'adaptabilité constante aux forces internes ou externes, une « de- et re-stabilisation formelle » (Dierichs, Menges, 2012, p. 81) continue, elles peuvent être associées aux fluides non-Newtoniens. Ainsi, cette recherche considère l'architecture comme une géométrie qui incarne aussi bien le caractère stable d'un matériau solide (l'ensemble d'agrégats solides) que la reconfiguration rapide d'un fluide (*Ibid.*, 2012, p. 76). Dans cette étude de cas, l'approche morphogénétique devient l'essence du processus constructif et de la pensée du projet. Puisque cette approche morphogénétique implique l'auto-organisation de la matière, et implicitement un niveau d'aléatoire, le degré de fluidité, par rapport aux exemples précédents, est maximal.

Cependant, par sa matérialité poreuse, la structure adaptative et évolutive exprime la dissolution formelle. Selon la forme des grains qui composent le matériau granulaire, la géométrie finale devient plus transparente ou plus opaque. Dans cette étude de cas, le prototype de 3m x 3m est composé par 50 000 agrégats, sous différentes formes de flocons de neige qui, par leur auto-organisation produisent une architectonique dissoute.

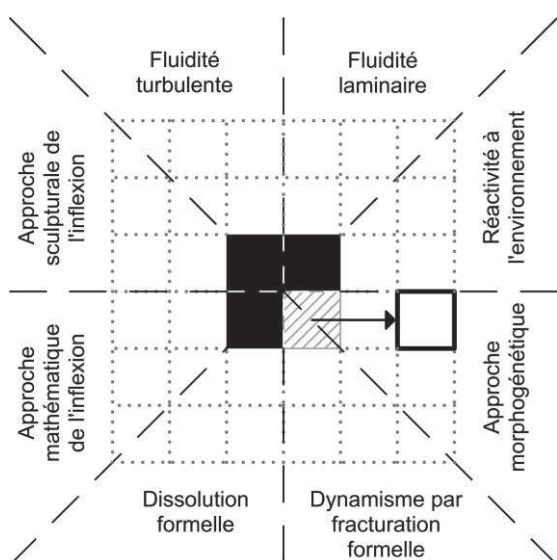


Figure 2. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche morphogénétique.

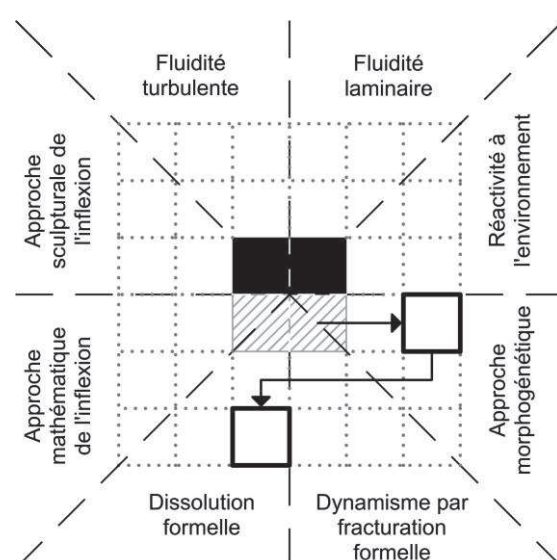


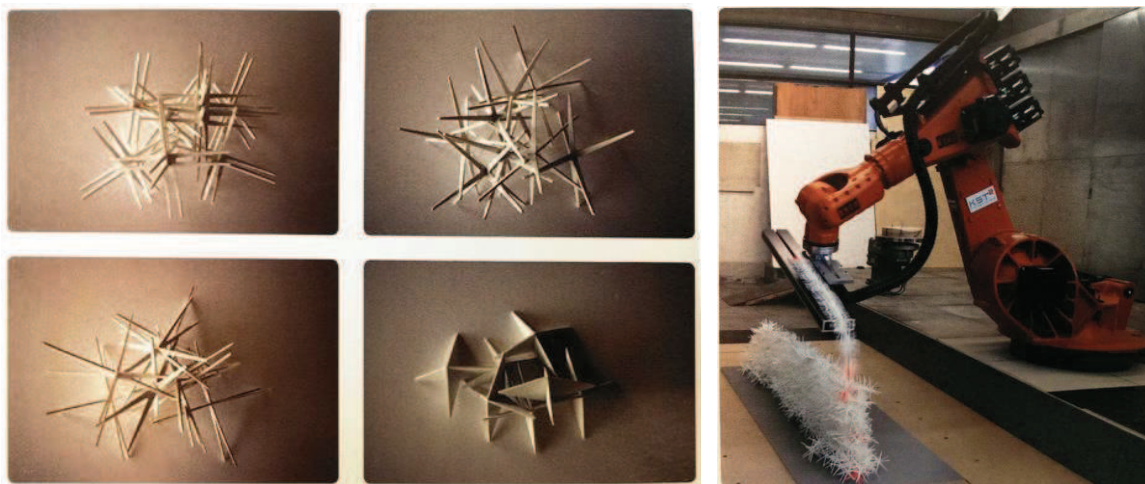
Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la dissolution formelle.

La flèche associée au carré déplacé dans le champ de la dissolution formelle souligne la dépendance du celui-ci par rapport à l'approche morphogénétique.

¹ « The research presented here investigates aggregate architectures as both an alternative intellectual model for design thinking and a pragmatic approach towards novel ways of construction » (Dierichs, Menges, 2012, p. 76).

La réactivité à l'environnement

L'auto-organisation de la matière n'implique pas uniquement une fluidité par l'approche morphogénétique, mais aussi une fluidité par la réactivité à l'environnement car l'organisation spatiale et formelle d'une architecture par agrégats dépend de la spécificité de chaque agrégat (y compris leur comportement au frottement²), du mode de versement de la matière et de l'interaction avec l'environnement³.



© ICD - Institute for Computational Design (Karola Dierichs & Achim Menges)

Source : Dierichs, Menges, 2012, p. 78, 80

Figure 4. Les différents types d'agrégats et leur auto-organisation par un processus de versement.

Néanmoins, la fluidité par la réactivité à l'environnement n'est pas maximale car elle se résume à une reconfiguration formelle et structurale et non à une interactivité sensible avec l'utilisateur. Rapporté à la première étude de cas, où le pavillon de Lars Spuybroek, par sa réactivité à l'environnement, introduit le visiteur dans un environnement interactif, la recherche de Karola Dierichs et Achim Menges est concentrée sur l'architectonique du projet. Même si cette recherche implique des modèles mathématiques, la fluidité architecturale n'est pas influencée par le critère de l'approche mathématique de l'inflexion, car dans la morphogenèse, la trajectoire mathématique est sous-entendue⁴.

² « [...] the level of looseness of od adaptability depends on the frictional behaviour of each granule with regards to the forces acting on it. An aggregate that has a high degree of friction will display a higher degree of stability than one without, which makes the overall arrangement less responsive to forces acting on it. Through adjusting friction in an aggregate, the architect can thus prepare for different load situations and ease of reconfiguration » (*Ibid.*, 2012, p. 78).

³ « These reconfigurations can happen either through deliberate interactions with the system, such as adding or removing granular masses, or through the change of energy in the aggregate due to interaction with its environment » (*Ibid.*, 2012, p. 77).

⁴ Dans ce cas, les concepteurs utilisent les deux méthodes *bottom-up* de développement moléculaire, comme la dynamique moléculaire ou la méthode des éléments discrets et la dynamique moléculaire *event-driven* (*Ibid.*, 2012, p. 79), mais celles-ci ne révèlent pas une approche mathématique de l'inflexion.

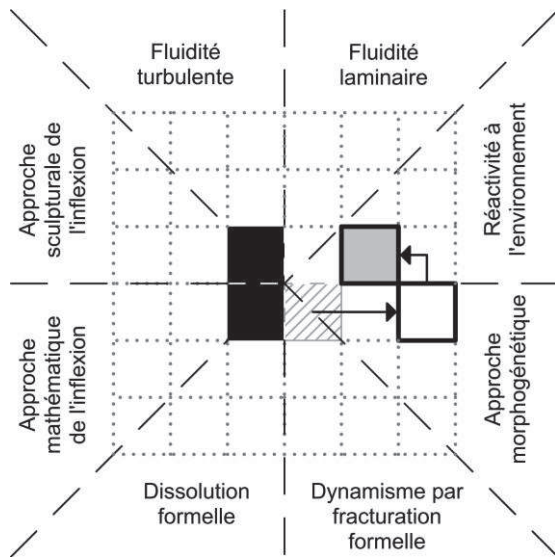
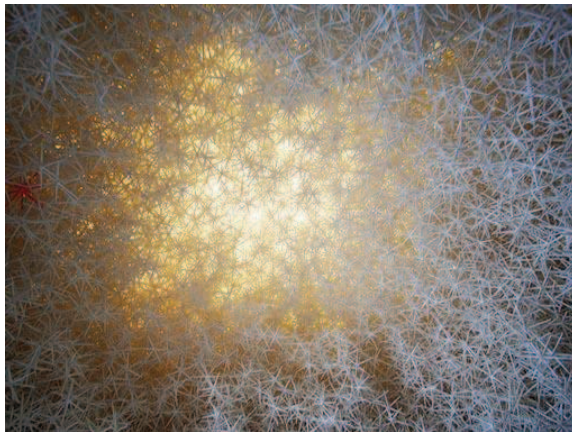


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la réactivité à l'environnement.

La flèche associée au carré déplacé dans le champ de la réactivité à l'environnement souligne la dépendance du celui-ci par apport à l'approche morphogénétique.

L'ambiance

La fluidité mouvante de l'architecture en agrégats est similaire à la fluidité mouvante du pavillon ICD/ITKE 2013 car, par la superposition de plusieurs éléments singuliers, la forme évoque à la fois la fluidité laminaire et la fluidité turbulente. La translucidité du pavillon, qui filtre la lumière et la transforme en un éclairage uniforme, est l'élément qui évoque la fluidité sereine, tandis que la forme qui résulte du processus morphogénétique, par ses limites ambiguës, exprime une fluidité turbulente totale.



© ICD - Institute for Computational Design (Karola Dierichs & Achim Menges)
Source : icd.uni-stuttgart.de/?p=9658

Figure 6. La filtration de la lumière par la composition d'agrégats

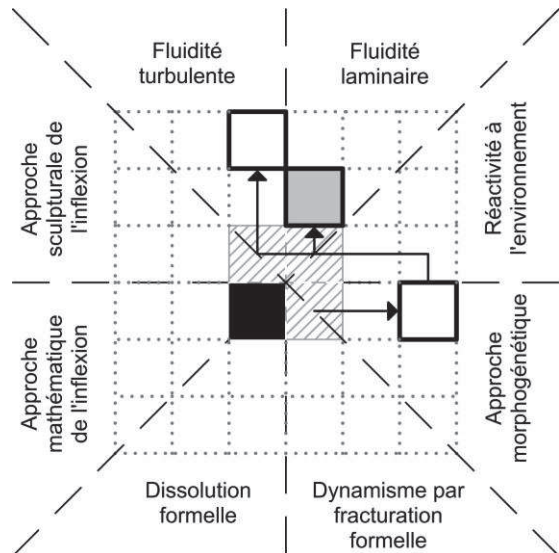


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité mouvante.

La flèche associée aux carrés déplacés dans le champ de la fluidité mouvante souligne la dépendance de ceux-ci par rapport à l'approche morphogénétique.

Dans une architecture en agrégats, la fluidité mouvante dépend des caractéristiques des agrégats (de leur forme, de leur dimension et de leur assemblage) et dans ce cas, par leur forme en étoile, les « granules » s'auto-organisent dans une structure presque fractale, où la frontière entre l'espace intérieur et l'espace extérieur est en réalité une transition poreuse, insaisissable. Pour cette raison la fluidité turbulente est maximale.

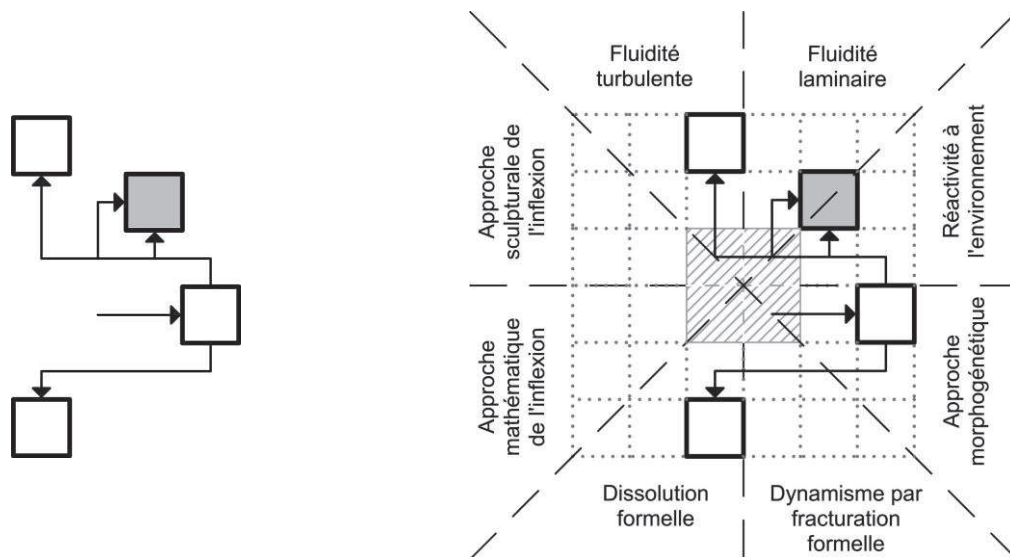


Figure 8. La représentation graphique de la fluidité du projet.

Nous observons que le critère de l'approche morphogénétique détermine tous les autres critères de la fluidité architecturale. Puisque la fluidité laminaire et la réactivité à l'environnement résultent de l'approche morphogénétique, le carré gris se positionne sur la diagonale entre les deux critères.

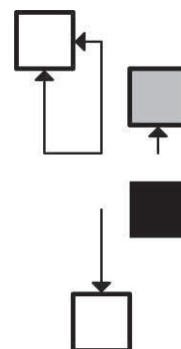
Cloud Pavilion

Architecte : **Sou Fujimoto Architects**

Programme : **Pavillon temporaire**

Date : **2013**

Lieu : **Londres, Royaume-Uni**



Puisque la fluidité architecturale est influencée par le processus de conception, nous avons choisi le pavillon de Sou Fujimoto comme un exemple qui, du point de vue formel et sensible, est similaire à l'étude de cas précédente. Néanmoins, en ce qui concerne la fluidité, ces deux projets, et implicitement leur pictogramme, diffèrent car l'intention du concepteur et le processus de conception ne sont pas les mêmes.



© Sou Fujimoto Architects (architecte) ; Dominic Alves (photographe)

Source : flickr.com/photos/dominicpics/9127785265

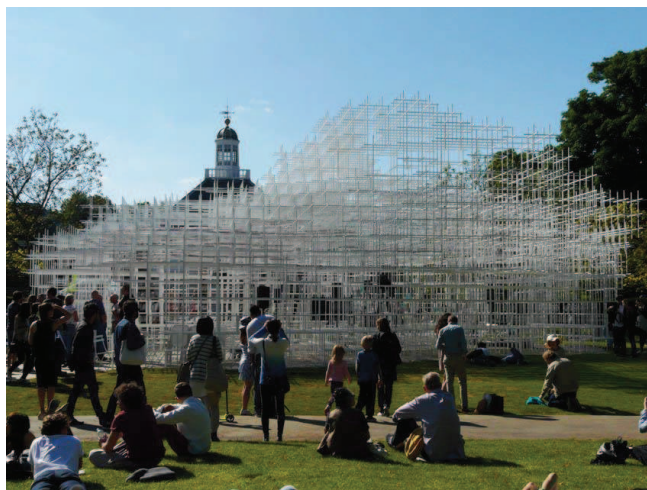
Figure 1. Vue extérieure du pavillon.

La géométrie et l'ambiance

Si Karola Dierichs et Achim Menges ont pensé leur projet *aggregate structure* comme une émergence formelle selon une approche morphogénétique, le Cloud Pavilion est pensé, conformément à son nom, comme une architecture dissoute, qui se confond avec le paysage¹ (Fujimoto, Wainwright, 2013). Les meubles et les escaliers sont transparents pour que la « rigoureuse résille tridimensionnelle » (Serpentine Gallery Pavilion 2013, 2014) soit toujours visible. Sou Fujimoto considère le pavillon comme un assemblage d'éléments individuels et rigides qui, en quantité énorme peuvent former une composition organique, dématérialisée,

¹ Sou Fujimoto associe son projet à « un paysage artificiel », un hybride entre l'architecture et la nature (Fujimoto, 2013).

comme un nuage ou une forêt (Fujimoto, 2013). Ainsi, l'idée d'une architecture réalisée par des agrégats est aussi présente dans le concept de l'architecte japonais. Grâce à l'organisation des agrégats, la silhouette *soft* du pavillon exprime également une approche sculpturale de l'inflexion. Pourquoi sculpturale et non mathématique ? Car contrairement au projet de Karola Dierichs et Achim Menges, la composition est le résultat d'une approche formelle « organique ». En ce qui concerne la notion d'« organique », les deux études de cas mettent en évidence deux acceptions du terme : la recherche architecturale par des agrégats de Karola Dierichs et Achim Menges emploie l'idée contemporaine d'organique, par un développement non seulement biomorphologique, mais plutôt biomimétique, tandis que la description de Sou Fujimoto se réfère à son sens classique (celui-ci ne doit pas être confondu avec le sens moderne, développé par F.L. Wright), attribué aux formes ondulées et courbées (comme l'architecture de la période



© Sou Fujimoto Architects (architecte) ; Loz Pycok (photographe)
Source : flickr.com/photos/blahflowers/8994383393



© David Basulto (photographe)
flickr.com/photos/dbasulto/8981923326

Figure 2. Vues extérieures du pavillon : la continuité formelle et la dissolution formelle de l'ensemble.

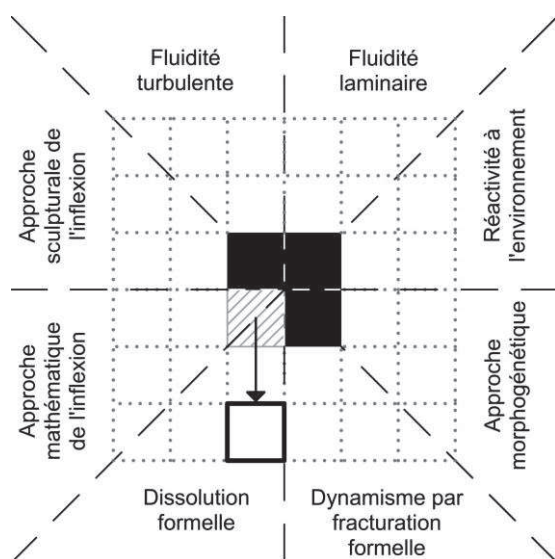


Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la dissolution formelle.

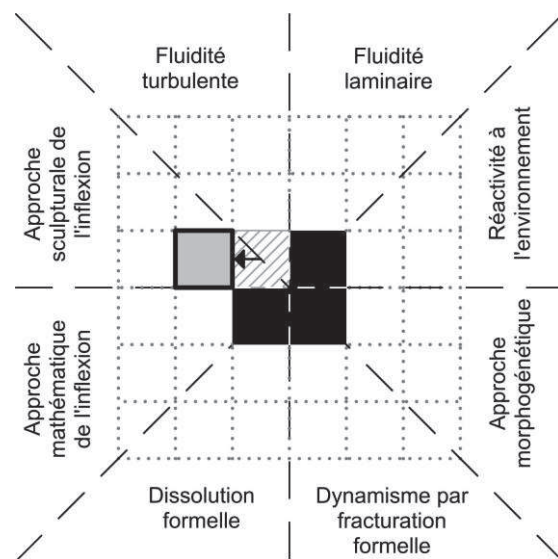


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion.

baroque ou de l'Art Nouveau)². Nous avons déjà associé cette approche « organique » à la continuité formelle par une approche sculpturale de l'inflexion.

Même si l'architectonique des deux études de cas est fondée sur la composition de plusieurs éléments discrets, en soulignant la même dissolution formelle, dans le Cloud Pavilion, la fluidité mouvante n'est pas uniquement le résultat du processus de conception, mais elle incarne l'intention de l'architecte. Par la superposition de grilles géométriques, l'« enchevêtrement de tiges d'acier de 20 mm de diamètre » (Serpentine Gallery Pavilion 2013, 2014) exprime métaphoriquement la sublimation de l'architectonique et les visiteurs ne peuvent pas discerner les limites du « nuage ». Par cette insaisissabilité du contour précis du bâtiment, la fluidité turbulente devient maximale. Cependant, l'« apparence semi-transparente » du pavillon (Baker, 2014, p. 98), par sa capacité de filtrer la lumière, introduit à l'intérieur du pavillon une fluidité laminaire qui, similairement aux deux dernières études de cas, se résume au degré 1. Cette limitation est le résultat de l'absence du clair-obscur et de l'homogénéité de la lumière.

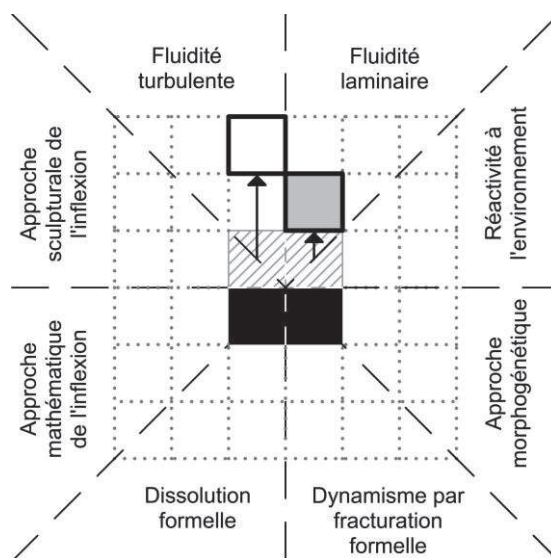
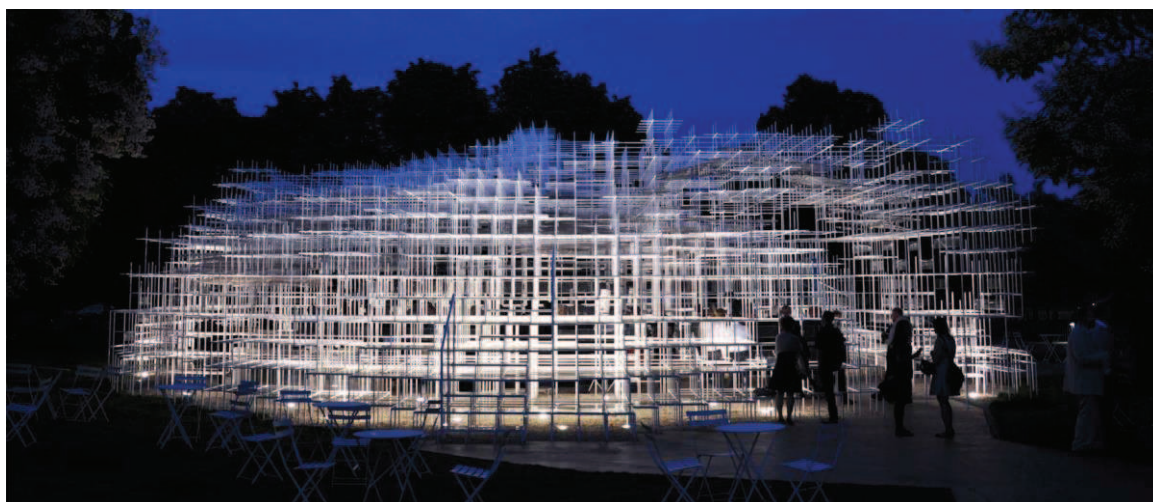


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la fluidité mouvante.



© Sou Fujimoto Architects (architecte) ; Neil MacWilliams (photographe)
Source : flickr.com/photos/dyntr/9386304745

Figure 2. L'ambiguïté des limites.

La fluidité turbulente est plus évidente pendant la nuit car l'éclairage artificiel du pavillon souligne l'ambiguïté des limites.

² Pour bien repérer la différence entre les deux architectures « organiques », il est impératif de comprendre l'hétérogénéité des sens de la notion « organique », expliquée dans le chapitre L'architecture organique ».

En ce qui concerne le pictogramme, nous observons une différence significative par rapport au pictogramme associé à l'exemple antérieur. Si la fluidité de la recherche architecturale par des agrégats est en totalité l'effet de l'approche morphogénétique, la fluidité du Cloud Pavilion est intentionnelle aussi bien en ce qui concerne l'architectonique que l'ambiance.

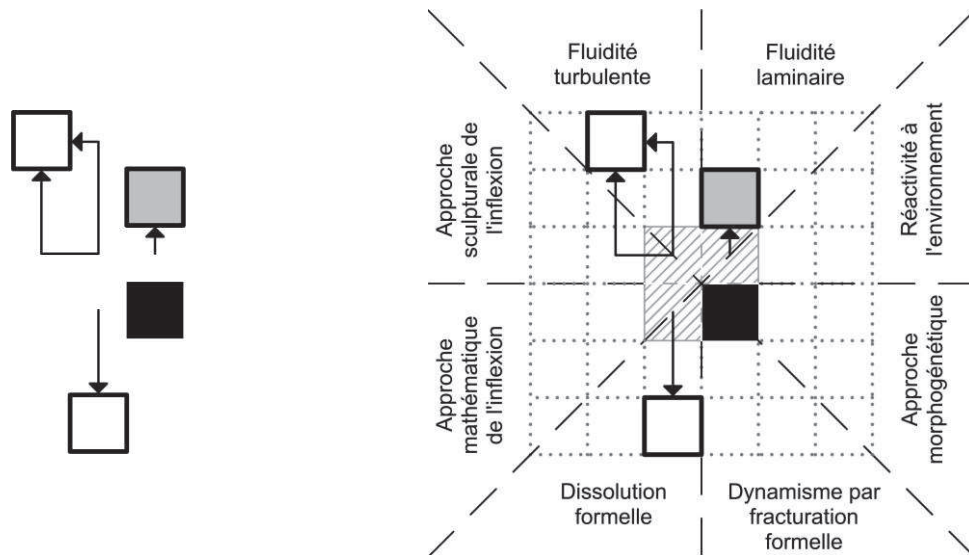
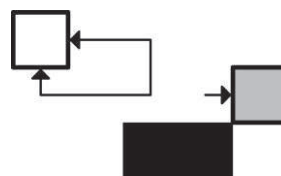


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité du projet.

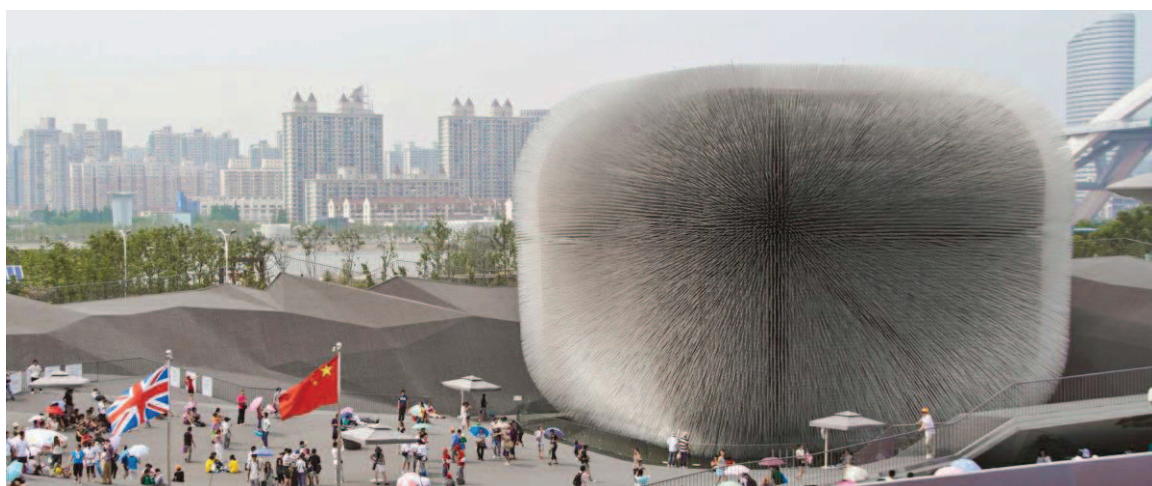
Nous observons que, rapportés à l'étude de cas précédente, tous les critères sont intentionnellement exploités. Néanmoins, le processus de conception ne concerne pas l'approche morphogénétique, mais l'idée de dématérialisation et de dissolution de l'architecture dans la nature.

La cathédrale de graines

Architecte : **Heatherwick Studio**
Programme : **Pavillon temporaire**
Date : **2010**
Lieu : **Shanghai Expo, Chine**



Le projet « La cathédrale de graines » (*Seed Cathedral*) constitue le pavillon du Royaume-Uni pour l'Exposition Universelle de Shanghai en 2010. Nous avons choisi ce projet comme étude de cas pour souligner la diversité formelle qui résulte de la composition de plusieurs éléments individuels. Dans ce cas, la forme est l'effet, aussi bien à l'extérieur qu'à l'intérieur, d'une organisation de 66 000 filaments en fibre optique (Heatherwick, 2011), que nous pouvons considérer comme des agrégats.



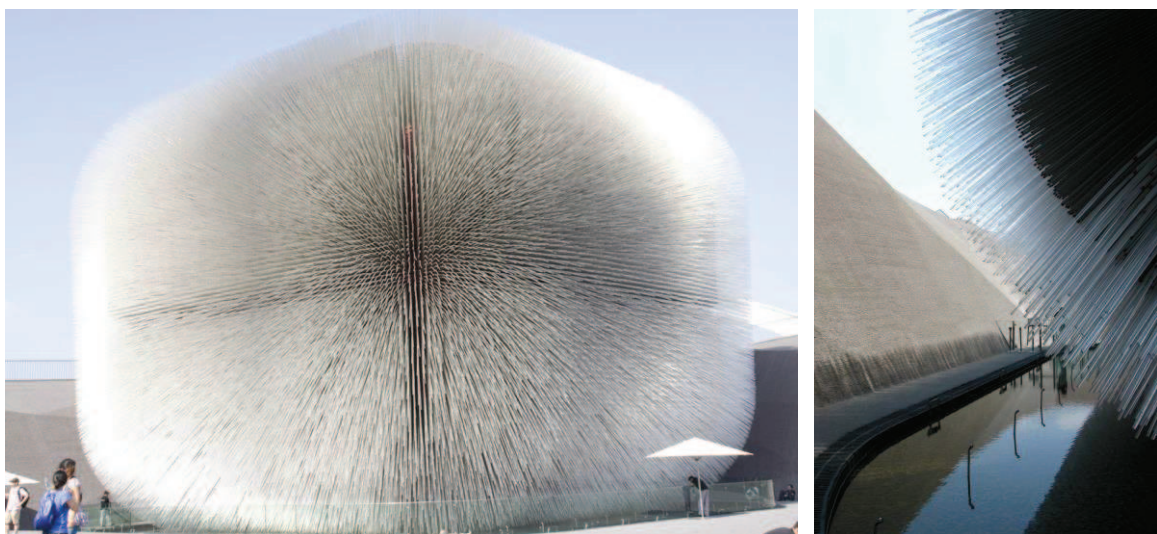
© Heatherwick Studio (architecte) ; >littleyiye< (photographe)
Source : flickr.com/photos/little_yiye/7505096556

Figure 1. Vue extérieure du pavillon.

La géométrie et la réactivité à l'environnement

Le thème de l'Exposition, « Une ville meilleure, une vie meilleure », est interprétée par Heatherwick Studio comme une « relation entre les villes et la nature » (Heatherwick Studio, UK pavilion, 2010, p. 18). Londres, rapportée à sa taille, est une des villes les plus vertes du monde et la Grande-Bretagne a réalisé le premier parc public et la première institution botanique majeure du monde, les Royal Botanic Gardens à Kew (UK Pavilion, 2010, p. 26), c'est pourquoi l'idée fondamentale du projet réside dans l'intention d'exprimer l'essence de la nature par une architecture séduisante, pas seulement au niveau métaphorique. Pour cette raison, ils

impliquent dans le concept du pavillon la Millennium Seedbank des Kew Gardens, qui fournit 217 300 graines de plantes différentes afin d'être incorporées dans l'architecture du bâtiment. Ainsi, par rapport au pavillon de Karola Dierichs et Achim Menges, où les agrégats sont des formes étoilées de différentes dimensions, ou par rapport au pavillon de Sou Fujimoto, où les agrégats sont des éléments rigides métalliques, dans ce cas, chaque « agrégat » de la « Cathédrale de graines » est une tige transparente de 7.5m de longueur, d'une section carrée de 20mm, qui englobe à son extrémité orientée vers l'intérieur du bâtiment une ou plusieurs graines. Contrairement aux études de cas précédentes, par ce pavillon, l'architecte n'explore ni l'approche morphogénétique ni la dissolution formelle, mais une continuité formelle, sculpturalement déterminée, similaire à une fourrure.



© Heatherwick Studio (architecte) ; Bill Taroli (photographe)
Source : flickr.com/photos/btaroli/5008645943

© Carsten Ullrich (photographe)
flickr.com/photos/ullrich/4689817702

Figure 2. Vues extérieures du pavillon : l'ensemble d'éléments individuels.

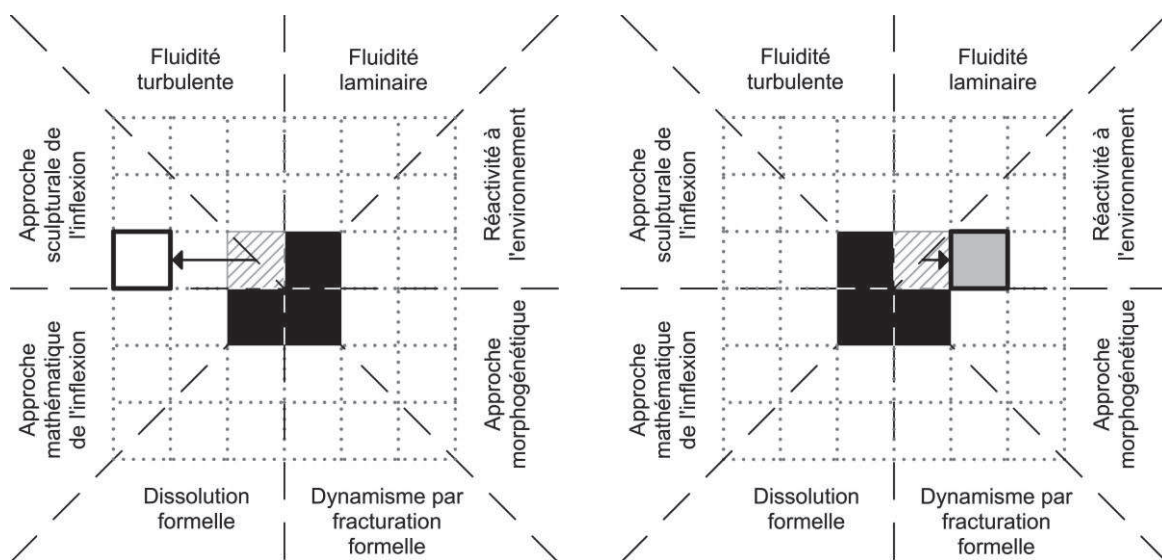


Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion.

Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la réactivité à l'environnement.

La souplesse des tiges permet, sous l'action du vent, l'ondulation légère de la « "chevelure" optique » du pavillon, en « créant un effet dynamique » (*Ibid.*, 2010, p. 26). Par cette réactivité relative à l'environnement, le pavillon exprime une dimension fluide. Néanmoins, cette fluidité n'est pas totale car le bâtiment réagit uniquement au vent : il n'existe pas d'interactivité entre le bâtiment et les visiteurs, mais plutôt une réactivité à une condition climatique.

L'ambiance

A l'intérieur du bâtiment, les seules sources de lumière sont les mêmes filaments en fibre optique qui, par leur transparence, permettent le passage ponctuel de la lumière naturelle. Ainsi, 66 000 sources lumineuses créent l'atmosphère intérieure. La fluidité évoquée par cette atmosphère à un caractère turbulent, révélé par l'ambiguïté de l'espace intérieur. Néanmoins, la fluidité turbulente n'est pas maximale car la composition d'« agrégats » ne constitue pas une géométrie dispersée mais une surface ondulée rigoureusement réalisée, où la position exacte de chaque élément est essentielle.

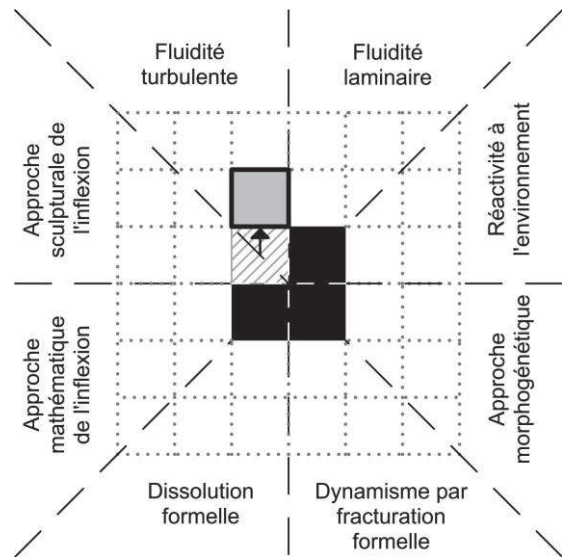
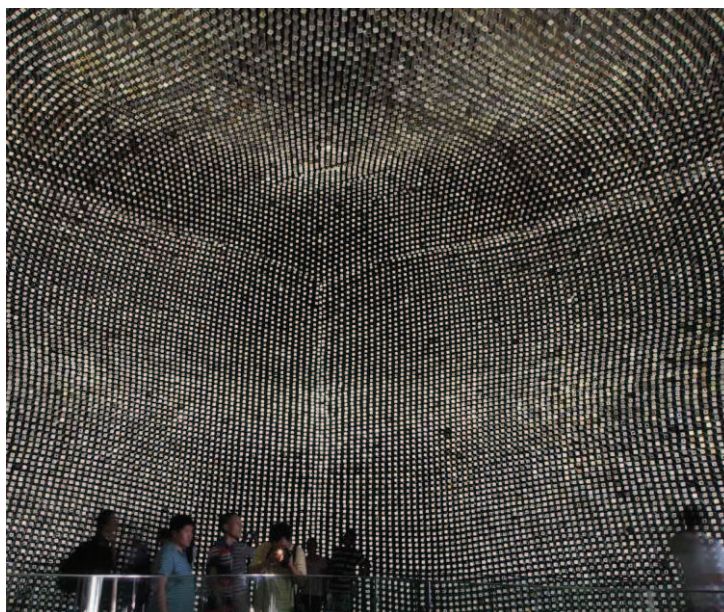


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité mouvante.



© Heatherwick Studio (architecte) ; William Heylts (photographe)
Source : flickr.com/photos/heyitschili/4867558253



© >littleyiye< (photographe)
flickr.com/photos/little_yiye/7511732738

Figure 6. Vues intérieures du pavillon : la surface intérieure est formée par les mêmes éléments individuels visibles à l'extérieur.



© Heatherwick Studio (architecte) ; William Heylts (photographe)
Source : flickr.com/photos/heytschili/4869659489

Figure 6. Vue intérieure du pavillon : la continuité formelle et la fluidité turbulente.

Contrairement au pavillon *Aggregate Structure*, où l'approche morphogénétique, par l'auto-organisation de la matière, introduit l'aléatoire (une expression chaotique), ce projet est fondé sur la précision de l'organisation des tiges transparentes.

Ce projet constitue une autre interprétation des agrégats et notamment de leur composition, en soulignant à nouveau le caractère pluriel de la fluidité dans des exemples comparables du point de vue du programme, de la taille et de l'idée génératrice du concept architectural¹.

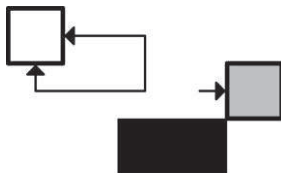
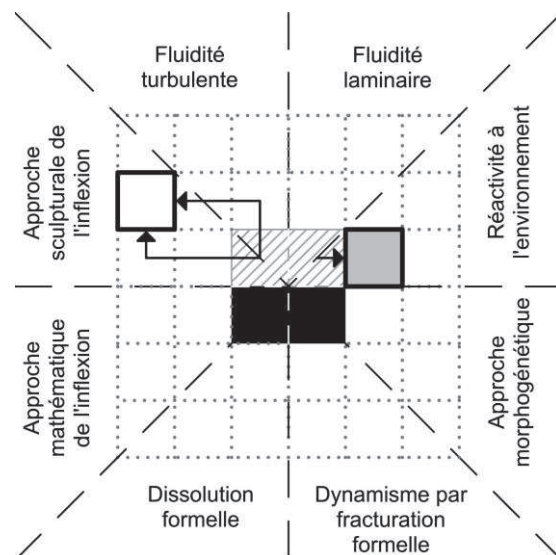


Figure 7. La représentation graphique de la fluidité du projet.

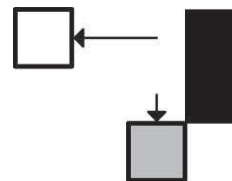
Puisque l'intention du concepteur vise à la fois la continuité formelle et la fluidité turbulente par les 66 000 sources de lumière, le carré se déplace entre les deux critères de fluidité.



¹ L'idée génératrice du concept architectural se réfère à la recherche d'une géométrie unitaire par des éléments individuels. La compréhensibilité de l'unité formelle dépend de la distance d'où le projet est visualisé et perçu. A une petite échelle, la forme de l'agrégat est plus prégnante qu'à une échelle plus grande, où l'ensemble devient unitaire.

Parasol Metropol

Architecte : **Jürgen Mayer H. und Partner, Architekten**
Programme : **Redéveloppement de la Plaza de la Encarnacion**
Date : **2011**
Lieu : **Séville, Espagne**



Ce projet a été choisi comme étude de cas pour sa structure en bois, conçue à la fois comme un nouveau symbole de la ville de Séville et comme une interprétation contemporaine de l'espace urbain (Mayer-Hermann, Pham, 2011). La continuité formelle d'un assemblage de plusieurs éléments individuels constitue l'idée commune au projet Parasol Metropol et à l'étude de cas précédente, la « Cathédrale de graines ».



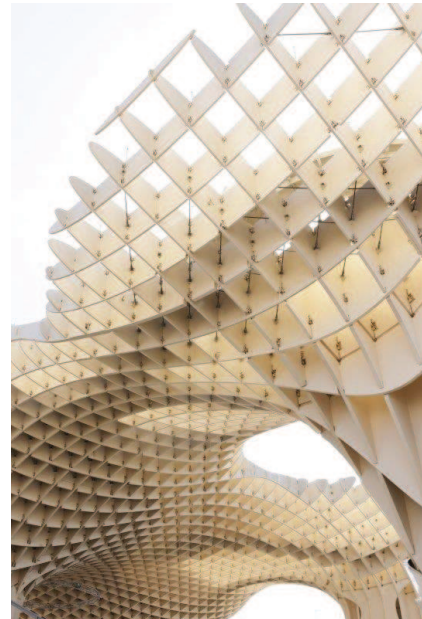
© J. Mayer H. und Partner, Architekten (architecte) ; Fernando Alda (photographe)
Source : fernandoalda.com/en/works/architecture/588/metropol-parasol-vistas-aereas

Figure 1. Vues aériennes du projet.

La géométrie

Par cette structure, les concepteurs interrogent la présence d'une géométrie contemporaine dans un tissu urbain dense, spécifique aux villes médiévales. La forme et la « peau » de cette insertion se trouvent dans un contraste absolu avec l'environnement bâti, en mettant en évidence un nouveau caractère de l'espace urbain : la légèreté. Ce nouveau caractère est souligné par la porosité de l'assemblage de 3 400 éléments courbes en bois, comme dans un « puzzle en 3D » (Mével, 2011, p. 162). La porosité de la surface qui, dans ce cas, dépend de la densité matérielle de l'assemblage, exprime le degré de dissolution architectonique. Nous observons que les extrémités de la construction sont moins denses et plus dissoutes que sa

partie centrale. Pour cette raison, nous considérons qu'il existe un degré de dissolution formelle qui caractérise la fluidité architecturale du projet, mais qui n'est pas maximal.



© J. Mayer H. und Partner, Architekten (architecte) ; Fernando Alda (photographe)

© David Franck (photographe)

Figure 2. La différence de porosité présente dans la structure.

La porosité différentielle détermine une dissolution formelle différentielle.

Pour ce qui est de la continuité formelle, similairement aux projets d'Achim Menges, elle devient possible grâce aux logiciels numériques, par lesquels le volume et sa réalisation technique sont contrôlés. Néanmoins, en ce qui concerne le concept, il n'est pas dérivé d'une approche mathématique de l'inflexion, par un développement paramétrique, comme le projet « Les Turbulences » de Jakob + MacFarlane, mais il constitue la conséquence d'une approche sculpturale de l'inflexion. Puisque la sculpture urbaine de Jürgen Mayer H., fondée par une composition de lignes sinueuses, est visible non seulement depuis le parvis, mais également depuis sa plateforme et son parcours panoramique, prévus sur le toit et donc, la fluidité évoquée par sa continuité formelle est maximale.



© J. Mayer H. und Partner, Architekten (architecte) ; Fernando Alda (photographe)

Figure 3. La perception de la continuité formelle depuis le parvis et depuis le parcours panoramique du toit.

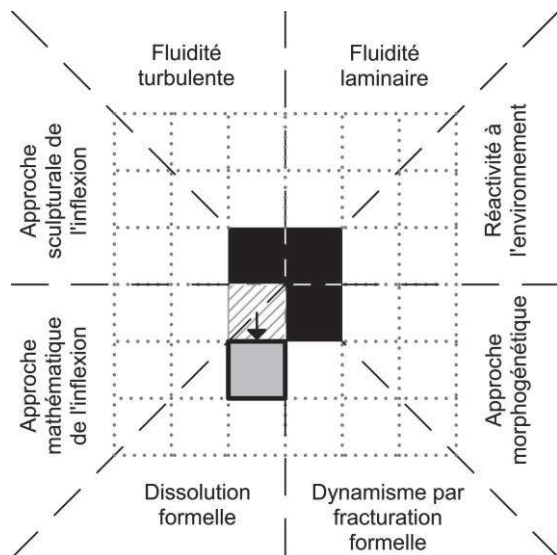


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la dissolution formelle.

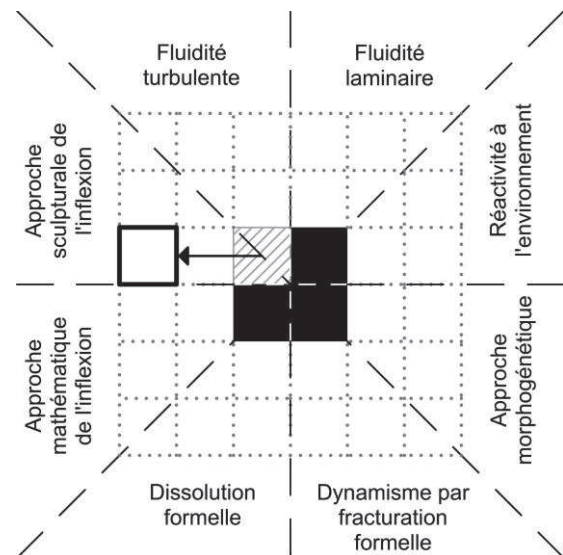


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion.

Ainsi, le visiteur perçoit la courbure à la fois comme une image sensuelle d'une œuvre artistique et comme une topographie naturelle au-dessus de la ville. Cette continuité est aussi soulignée par leurs références : la référence végétale, incarnée par les arbres situés à proximité du site, traduite par une approche bio-morphologique, mais non biomimétique et la référence organique¹ à la structure intérieure de la cathédrale gothique (Mayer-Hermann, Pham, 2011). Quant à l'ambiance, en dépit de l'existence du restaurant à l'intérieur de la structure, le projet est pensé comme un parasol et non comme un bâtiment. Par conséquent, l'ambiance devient un élément qui n'est pas particulièrement recherché.



© J. Mayer H. und Partner, Architekten (architecte) ; CC BY-NC-SA 2.0 Sevilla Ciudad (photo)

Figure 6. L'espace « intérieur » du parasol.

Une forme d'intériorité est perceptible même si l'espace n'est pas physiquement délimité par la structure spongieuse du projet. Puisque le concept du projet n'est pas fondé sur la question de l'ambiance et l'architecture ne détermine pas une fluidité mouvante significative, nous considérons que ce critère n'est pas exploité dans cette étude de cas. Le mouvement du pattern, créé par le contraste de lumière et ombre sur le sol, ne constitue pas un attribut évoqueur de fluidité sensible.

¹ Dans ce contexte, la notion d'« organique » est employée, comme dans le projet de Sou Fujimoto, au sens classique du terme, qui désigne la continuité structurelle gothique (les colonnes qui se transforment en arcs) et non au sens de l'approche morphogénétique, employé dans le contexte de la fluidité architecturale.

La fluidité architecturale de cette sculpture urbaine est ainsi l'association de la continuité formelle totale et de la dissolution partielle du volume. Par cette fluidité, Parasol Metropol « redéfinit le lieu [...] sans le figer ne l'écraser » (Mével, 2011, p. 156) et devient un symbole de la ville.

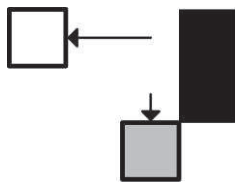
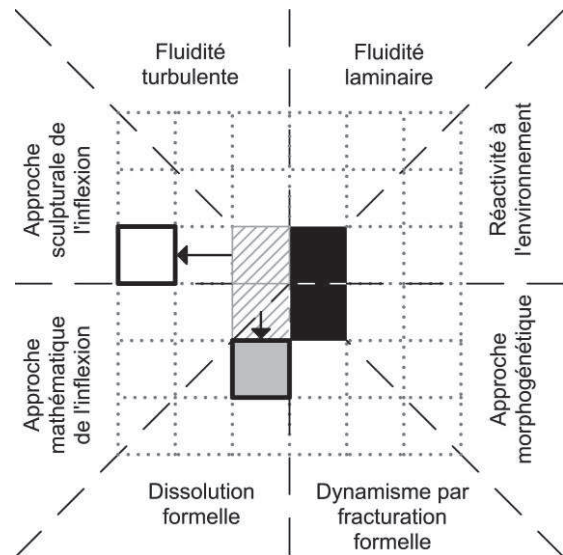


Figure 7. La représentation graphique de la fluidité du projet.



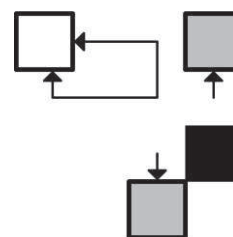
Rolex Learning Center

Architecte : **SANAA (Kazuyo Sejima, Ryūe Nishizawa)**

Programme : **Centre universitaire (bibliothèque)**

Date : **2010**

Lieu : **Lausanne, Suisse**



Le projet de SANAA pour l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne est pensé à la fois comme un objet architectural et comme un espace urbain. Cet espace urbain, couvert partiellement par le bâtiment constitue le point commun avec le projet Parasol Metropol. En dépit de cette similarité, le Rolex Learning Center n'est pas uniquement une sculpture urbaine, mais une réponse à une complexité fonctionnelle, qui comprend la bibliothèque, les salles de travail, la librairie, l'administration, le restaurant, plusieurs services publics et le forum.



© SANAA (architecte) ; Irina Voda (photographe)

Figure 1. Vue extérieure du projet.

La géométrie et l'ambiance

Le Rolex Learning Center est conçu comme un espace de rencontre dans le campus existant, construit dans les années 1970 sous la forme d'une composition de barres. Le bâtiment est un *single-storey container* de 166.5m x 121.5m et d'une hauteur constante qui, par sa géométrie onduleuse, exprime un « paysage à petite échelle » (Centro Universitario Rolex de la EPFL/ Rolex Learning Center EPFL, 2011, p. 30). Cette topographie, une grande surface perforée par une série de patios qui vole mais qui parfois touche le sol, détermine « une relation tridimensionnelle entre l'intérieur et l'extérieur » (Nishizawa, 2011). Le dialogue entre l'espace intérieur et

l'espace extérieur, traduit par une continuité formelle et spatiale et matérialisé par un « bâtiment ouvert » vers le public¹, constitue le fondement du projet de SANAA.

Par le Rolex Learning Center, la continuité est abordée à trois niveaux : au niveau de la forme, au niveau de l'espace intérieur et au niveau du dialogue entre l'intérieur et l'extérieur. La continuité formelle de l'architecture, par l'approche sculpturale de l'inflexion, détermine une fluidité maximale. A l'intérieur, l'intention des concepteurs est de présenter l'architecture comme un parc, très ouvert, sans limites, où les gens peuvent se rencontrer, mais aussi comme un espace privé, dont chaque fonction bénéficie de l'intimité. En évitant les murs comme éléments de séparation², la topographie, par ses « collines et vallées » (Sejima, Nishizawa, 2014), offre une palette de perspectives différentes et une disposition différentielle entre les espaces ouverts et privés³.



© SANAA (architecte) ; Irina Voda (photographe)

Figure 2. La topographie du bâtiment : la géométrie qui vole et qui parfois « touche » le sol.

En ce qui concerne la continuité entre l'intérieur et l'extérieur, elle se concrétise par la dissolution formelle de la limite extérieure. Dans ce cas, la dissolution formelle diffère

¹ « The aim of these concepts is to design an open, utterly accessible building for people » (Centro Universitario Rolex de la EPFL/ Rolex Learning Center EPFL, 2011, p. 30).

² Dans le concept du centre universitaire de l'EPFL, les deux architectes introduisent la pensée spécifique japonaise. Ainsi, la continuité spatiale sans murs qui délimitent les différents espaces est essentielle afin de concevoir un espace architectural ouvert.

³ Généralement, les espaces soulevés du sol (au sommet de la colline) deviennent, grâce à la perspective, plus intimes que les espaces au niveau du sol.

légèrement du concept introduit dans le quatrième chapitre de la thèse, « La conception architecturale moderne ». Dans l'architecture moderne du début du XX^e siècle, la dissolution formelle représente la « destruction de la boîte », où les éléments verticaux sont parfois présents⁴ dans une composition ouverte, qui met en évidence le dialogue entre l'espace intérieur et l'espace extérieur. Dans le Rolex Learning Center, SANAA interprète la dissolution formelle selon la culture japonaise (qui n'est pas « une culture des murs »), comme une transition graduelle entre l'architecture et la nature (Nishizawa, 2011). Ainsi, le projet est pensé comme une composition de deux surfaces horizontales en béton, qui se déplacent toujours d'une manière parallèle et des éléments verticaux transparents en verre, qui permettent « un espace continu qui s'étend vers l'extérieur » (Centro Universitario Rolex de la EPFL/ Rolex Learning Center EPFL, 2011, p. 30).

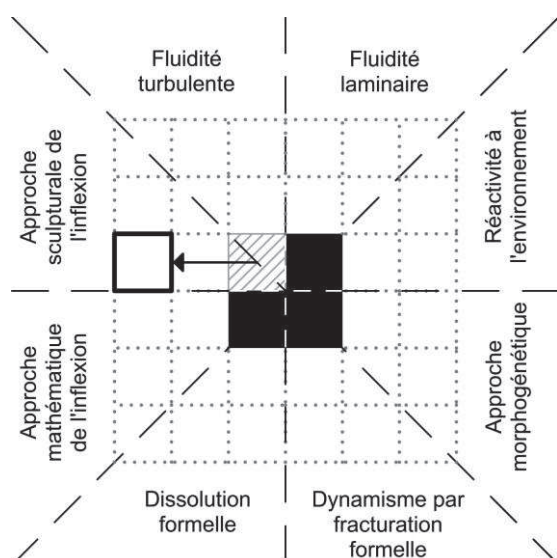


Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion.

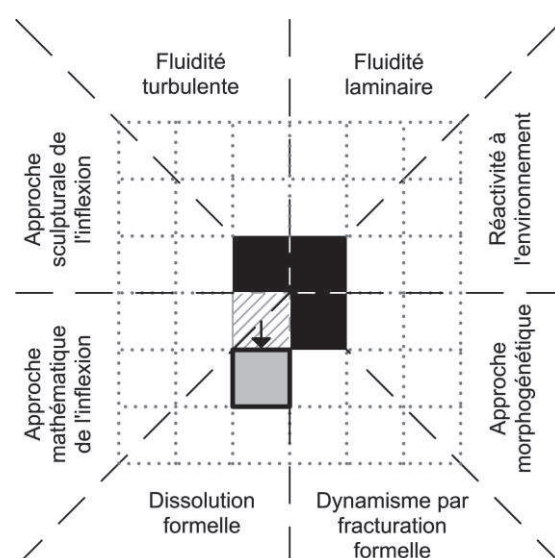


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par le critère de la dissolution formelle.

Rapporté aux Pavillons Les Cols de RCR Architectes ou à l'Aggregate Structure de Karola Dierichs et Achim Menges, où la dissolution formelle est totale, dans ce cas elle la fluidité par la dissolution formelle s'établit au degré 1. La raison de cette dissemblance se trouve dans l'horizontalité de la dissolution formelle du projet de SANAA. Dans les deux autres projets, la dissolution est aussi employée verticalement : la transparence du sol et du plafond des pavillons Les Cols ou la porosité totale de la structure par des agrégats évoque une fluidité totale par la dissolution des limites architectoniques.

⁴ La culture et l'architecture japonaises ont eu un impact essentiel sur le modernisme architectural européen. Si Frank Lloyd Wright, De Stijl, ou Mies van der Rohe ouvrent l'espace intérieur vers l'extérieur par la destruction de la limite extérieure et le dirige par la disposition des éléments verticaux, Le Corbusier, par les cinq points d'une architecture nouvelle, introduit une libération spatiale similaire à l'architecture japonaise.

L'ambiance

Nous considérons l'ambiance du Rolex Learning Center comme un enchevêtrement de fluidité laminaire et turbulente. Même si la lumière naturelle est différemment traduite par la topographie architecturale, la fluidité laminaire est évoquée par l'homogénéité de l'éclairage, idée fondamentale de la conception architecturale de Kazuyo Sejima et Ryūe Nishizawa. Afin d'obtenir cette homogénéité, le bâtiment est doucement divisé (« softly devided ») par des « patios » (Nishizawa, 2011).

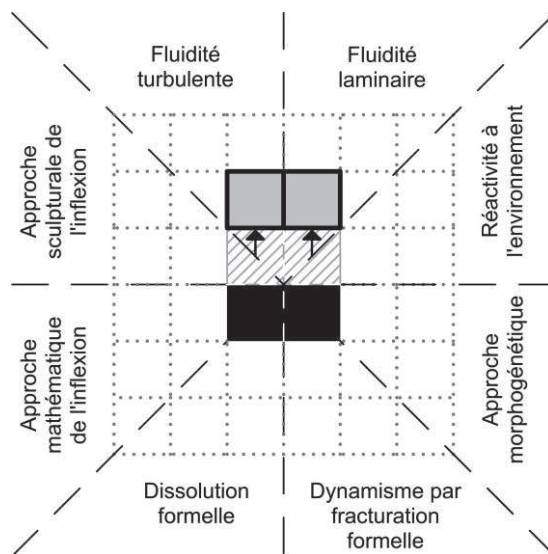
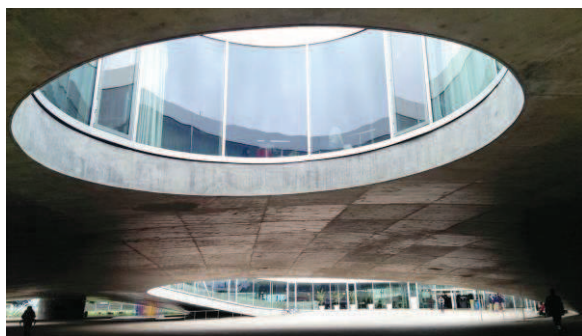


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité mouvante.



© SANAA (architecte) ; Irina Voda (photographe)

Figure 6. L'emplacement des « patios » dans le *single-storey container* et l'éclairage de l'espace public au-dessous du bâtiment.



© SANAA (architecte) ; Irina Voda (photographe)

Figure 7. La dimension turbulente est le résultat de la topographie architecturale et de la multitude de perspectives provoquées par celle-ci.

Ces « patios », similaires aux puits de lumière (*light wells*), conduisent la lumière naturelle non seulement à l'intérieur du bâtiment, mais aussi au-dessous du bâtiment, dans l'espace public (Sejima, Nishizawa, 2014).

Néanmoins, la fluidité laminaire n'est pas maximale car à l'intérieur du bâtiment il n'existe pas de contrastes (clair-obscur) entre la lumière et l'ombre (comme dans les thermes de Peter Zumthor) : la lumière est uniforme et homogène. La fluidité turbulente est évoquée par la confusion du visiteur à l'intérieur du bâtiment, qui résulte de la topographie architectonique et de l'insertion des « patios ». Cependant, cette confusion n'est pas le résultat de l'approche formelle de l'inflexion car elle est prévue par les architectes. Similairement à la ville de Lausanne où au début, par toutes les pentes, les différences de niveaux et les nouvelles perspectives, le visiteur se perd, le projet de SANAA présente cette dimension légère de confusion (Nishizawa, 2011). Mais puisque l'espace est ouvert à l'exploration⁵, le visiteur s'adapte et s'habitue à la topographie. Pour cette raison, la fluidité turbulente n'est pas non plus maximale.

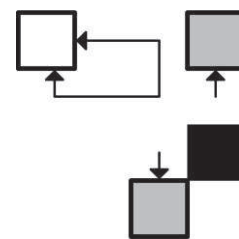
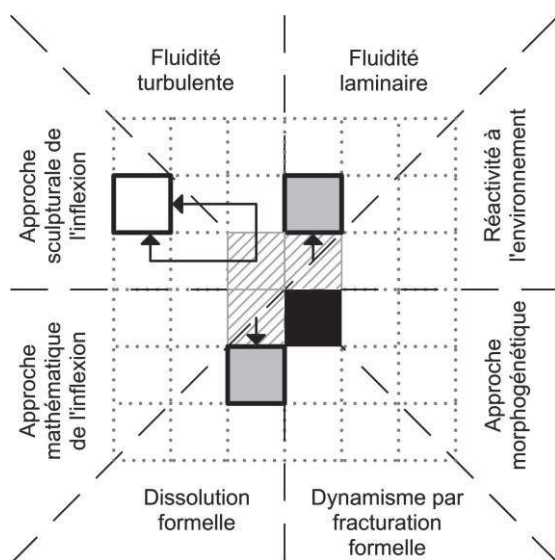


Figure 8. La représentation graphique de la fluidité du projet.

⁵ « [...] there is an open space, one room, you can explore it, there is no end, there is always the light [...] » (Sejima, Nishizawa, 2014).

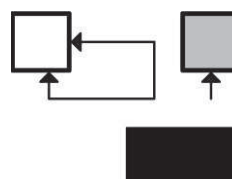
Heydar Aliyev Center

Architecte : **Zaha Hadid Architects**

Programme : **Centre culturel**

Date : **2012**

Lieu : **Bakou, Azerbaïdjan**



Nous avons choisi ce projet comme étude de cas car Zaha Hadid l'associe à une « fluidité totale » (Hadid, 2014). A partir de cette déclaration, nous voulons identifier, du point de vue de la thèse, les expressions fluides du bâtiment, fondées sur les critères exploités et leur degré de fluidité. Similairement à SANAA, Zaha Hadid définit son projet comme une topographie, « intégrée au paysage comme une montagne » (Heydar Aliyev Cultural Center - Baku, Azerbaijan by Zaha Hadid, 2012).



© Zaha Hadid Architects (architecte) ; wilth (photographe)
Source : flickr.com/photos/wilthnet/8999193744

Figure 1. Vue extérieure du bâtiment.

La géométrie

Dans ce projet, les notions de « fluidité » et « fluide » définissent le concept architectural. Ces termes sont associés, selon le discours architectural des concepteurs, à la géométrie¹, à l'espace, ou au dialogue entre l'intérieur du bâtiment et son environnement², interprétant la continuité

¹ La forme du bâtiment est interprétée par l'architecte responsable du projet, Saffet Kaya Bekiroglu, comme une vague brisée qui crée plusieurs arcs circulaires (Heydar Aliyev Cultural Center - Baku, Azerbaijan by Zaha Hadid, 2012).

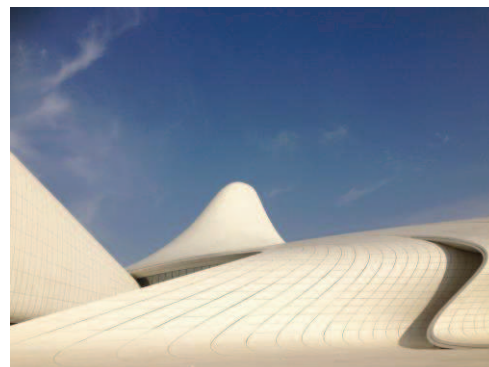
² « L'idée de fluidité dans ce bâtiment réside dans la manière harmonieuse et continue dont le parc, [...] et la ville fusionnent avec son intérieur » (Hadid, 2014).

« The design of the Heydar Aliyev Center establishes a continuous, fluid relationship between its surrounding plaza and the building's interior. [...] With this gesture, the building blurs the conventional differentiation between

présente dans l'architecture islamique régionale d'Azerbaïdjan³. Ainsi, la fluidité représente la continuité (formelle et spatiale). Selon notre diagramme d'analyse de la fluidité, la continuité formelle, comme expression de l'inflexion, est le résultat d'une approche sculpturale ou d'une approche mathématique. Nous considérons que, même si certains discours font une analogie entre la géométrie courbée du centre culturel Heydar Aliyev et les formes topologiques comme le ruban de Moebius ou la bouteille de Klein⁴, l'approche de l'inflexion est le résultat d'un geste sculptural.



© Zaha Hadid Architects (architecte) ; Yuri Palmin (photographe)
Source : flickr.com/photos/ypalmin/18993521755



© G Travels (photographe)
flickr.com/photos/g_travels/14949935793

Figure 2. La matérialisation de l'idée d'une architecture « très sensuelle et très forte » (Heydar Aliyev Cultural Center - Baku, Azerbaijan by Zaha Hadid, 2012).

Nous considérons ce projet comme une « architecture-sculpture » (similaire aux projets d'André Bloc, Daniel Grataloup, Pascal Häusermann ou Antti Lovag, traités dans le cinquième chapitre de la première partie de la thèse : « La continuité formelle ») à une échelle plus grande qui, grâce aux moyens numériques, atteint un niveau plus élevé de précision. Un exemple similaire du point de vue du dialogue entre le bâtiment et le parvis est le projet Les Turbulences de Jakob + MacFarlane à Orléans. Dans ces deux exemples, l'approche de

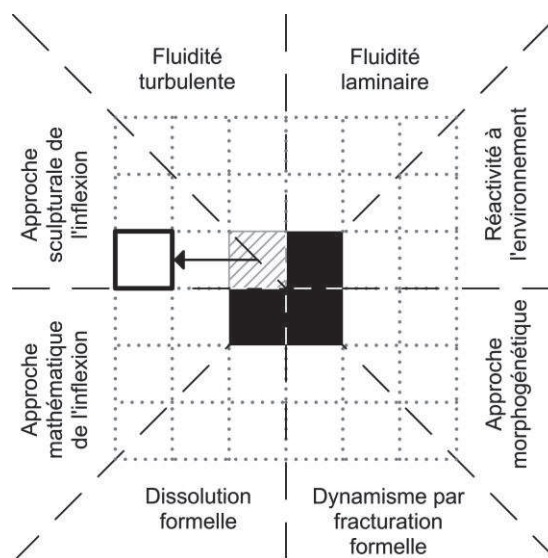


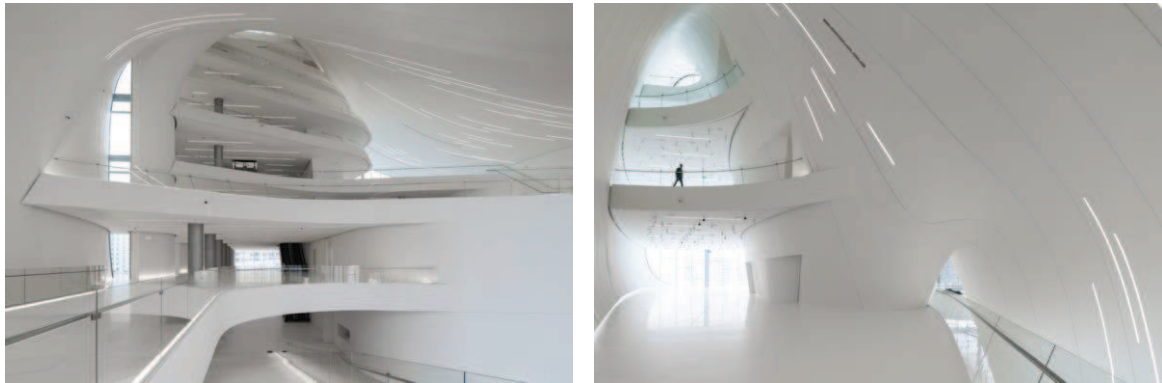
Figure 3. La représentation graphique de la fluidité par le critère de l'approche sculpturale de l'inflexion.

architectural object and urban landscape, building envelope and urban plaza, figure and ground, interior and exterior » (Bekiroglu, 2014, p. 81).

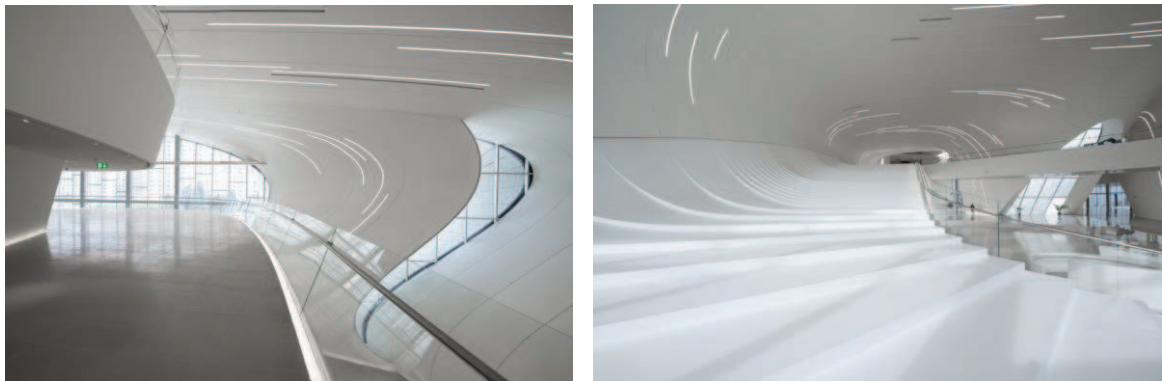
³ « Fluidity in architecture is not new in this region. In historical Islamic architecture, rows, grids, or sequences of columns flow to infinity like trees in a forest, establishing nonhierarchical space. Continuous calligraphic and ornamental patterns flow from carpets to walls, walls to ceiling, ceiling to domes, establishing seamless relationships and blurring distinctions between architectural elements and the ground they inhabit » (*Ibid.*, 2014, p. 81-82).

⁴ « With compound curves evolving and revolving inside and out into other curves and countercurves, the surfaces of the free-form structure are as continuous as a Möbius strip or Klein bottle » (Bekiroglu, 2014, p. 11).

l'inflexion diffère non pas à cause de la surface (facettée dans Les Turbulences ou ondulée dans le centre culturel Heydar Aliyev), mais à cause du processus différent par lequel la géométrie est générée. Si le projet de Jakob + MacFarlane interprète d'une manière paramétrique les trames des bâtiments existants, le projet de Zaha Hadid Architects est le résultat d'un geste formel, raffiné par le biais des logiciels CAD et CAM. Quant à l'espace intérieur, il constitue la traduction « sincère » du dynamisme géométrique de l'enveloppe.



© Zaha Hadid Architects (architecte) ; Yuri Palmin (photographe)
Source : flickr.com/photos/ypalmin/18967610826; flickr.com/photos/ypalmin/18806198720
Figure 4. La continuité formelle de l'espace intérieur.



© Zaha Hadid Architects (architecte) ; Yuri Palmin (photographe)
Source : flickr.com/photos/ypalmin/18988390892; flickr.com/photos/ypalmin/18806229930
Figure 5. Le parcours du visiteur à l'intérieur du bâtiment.

La fluidité formelle détermine une fluidité spatiale et l'inverse car les trois programmes (fonctions) différents qui composent le centre culturel (un musée, une bibliothèque et un auditorium) « coulent l'un dans l'autre » et fusionnent dans un bâtiment commun (Hadid, 2014). Pour ces raisons, nous considérons le degré de la continuité formelle par l'approche sculpturale de l'inflexion maximale.

L'ambiance

Similairement au Rolex Learning Center, les ondulations formelles à l'intérieur du bâtiment, par leur continuité et par leur monochromie, introduisent une dimension confuse, turbulente dans

l'ambiance. Même si ce bâtiment n'interroge pas, par sa géométrie, l'équilibre dynamique du visiteur⁵ (comme la « fonction oblique » de Claude Parent ou la topographie architecturale de

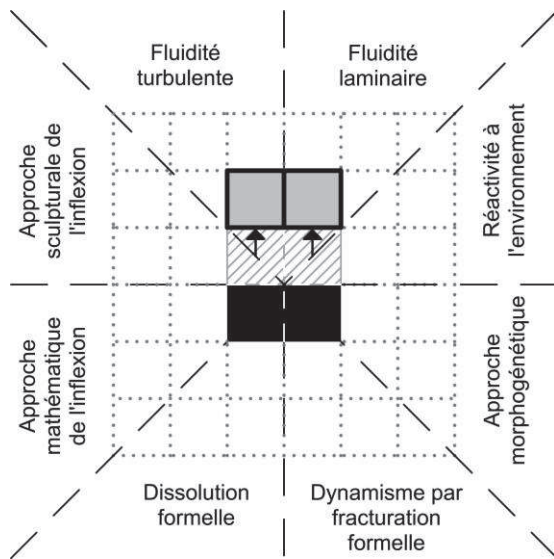


Figure 6. La représentation graphique de la fluidité mouvante.

SANAA), l'ouverture partielle de l'espace intérieur, et non totale comme dans le cas de Rolex Learning Center, accentue la qualité turbulente de la fluidité mouvante. Puisque la compréhension spatiale est soulignée par la lumière naturelle, directe ou reflétée, le degré de la fluidité turbulente n'est pas maximal. Même si la fluidité laminaire ne fait pas partie du discours architectural, elle est particulièrement recherchée car, par la pureté des surfaces blanches, la lumière est homogénéisée. Ainsi, il existe un équilibre métastable entre la fluidité turbulente et la fluidité laminaire du bâtiment.

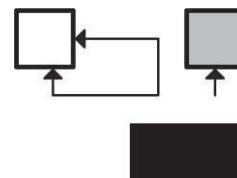
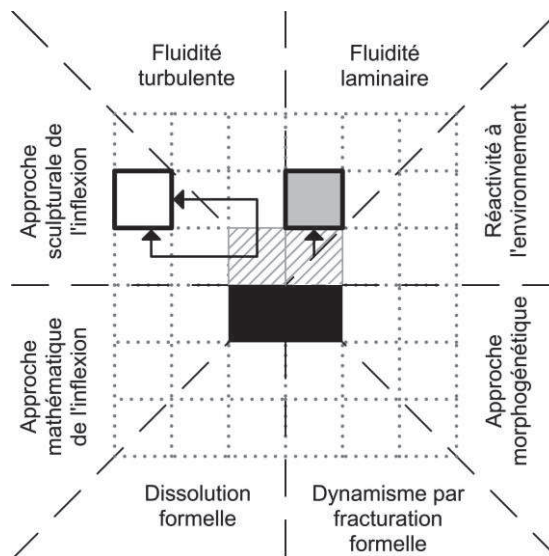


Figure 7. La représentation graphique de la fluidité du projet.

Le pictogramme associé à cette étude de cas représente une continuité formelle maximale et une fluidité mouvante de degré 1.

⁵ En dépit de la géométrie ondulée et la référence topographique, le parcours du visiteur est pensé soit horizontalement, soit verticalement, facilité par des escaliers ou ascenseurs. Donc, le déplacement « dynamique », libre sur une « colline » comme dans le Rolex Learning Center est inexistant.

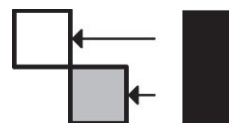
Galaxy SOHO

Architecte : **Zaha Hadid Architects**

Programme : **Bureaux et commerce**

Date : **2012**

Lieu : **Pékin, Chine**



Ce projet constitue, comme l'étude de cas précédente, une expression architecturale de la continuité formelle. La différence entre les deux exemples se trouve dans le processus par lequel cette continuité est matérialisée et le projet est pensé. Puisque nous avons introduit la fluidité comme une qualité architecturale qui ne dépend pas uniquement du résultat, de l'image finale du projet, mais aussi de son processus de conception, le bâtiment Galaxy SOHO sera examiné comparativement au Heydar Aliyev Center.



© Zaha Hadid Architects (architecte) ; Rob Deutscher (photographe)

Source : flickr.com/photos/bobarc/11448525635

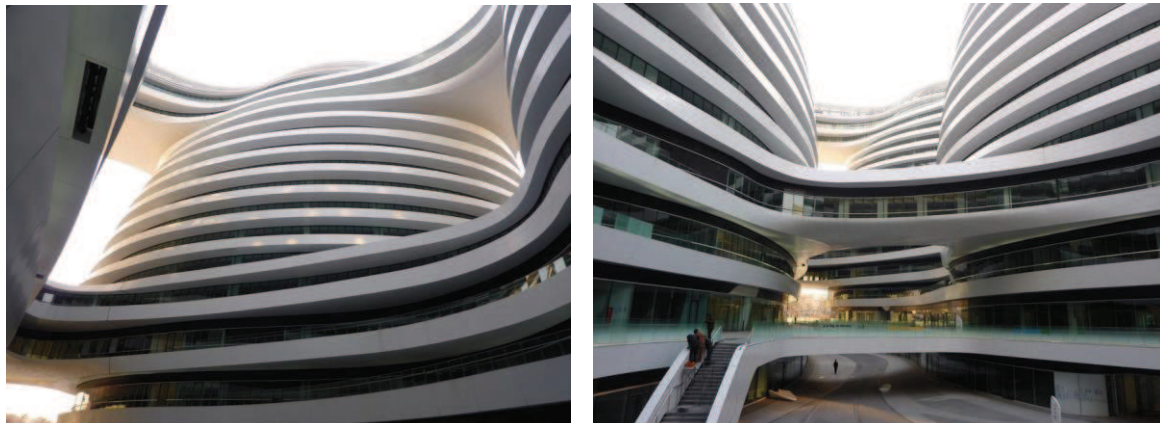
Figure 1. Vue extérieure du bâtiment.

La géométrie

L'analyse du concept géométrique de cette étude de cas est basée sur l'article « Material Articulation: Computing and Constructing Continuous Differentiation » de Cristiano Ceccato, actuellement architecte associé à Zaha Hadid Architects, mais qui, antérieurement, a travaillé pour Gehry Partners. Selon cet article, les formes continues basées sur des géométries complexes sont conçues par deux méthodes différentes : la « pré-rationalisation », qui suppose

un processus paramétrique, fondé sur une computation algorithmique et la « post-rationalisation », qui suppose la recherche d'une solution par laquelle un concept déjà pensé du point de vue formel soit matérialisé (Ceccato, 2012, p. 98-99). Généralement, l'architecture de Zaha Hadid Architects s'inscrit, similairement à l'architecture de Frank Gehry, dans une tendance « post-rationaliste »¹ et l'analyse fluidique de l'étude de cas précédente, par son degré maximal de continuité sculpturale de l'inflexion, souligne le caractère plastique du concept.

Pour ce qui est du projet Galaxy SOHO, sa surface développable a été réalisée comme un modèle paramétrique, modifié (dans sa phase de conception) par plusieurs itérations afin d'obtenir des composants constructifs qui peuvent s'encadrer dans un intervalle optimal (déterminé par le coût de construction et par les contraintes de fabrication). Ainsi, dès le début, la forme du bâtiment est conçue en accord avec ses paramètres techniques de réalisation. En réalité, ce processus assure un développement constant du projet, sans modifications indésirables au long de sa concrétisation (*Ibid.*, 2012, p. 101). L'idée des concepteurs est de densifier un site qui ne permet pas une hauteur très grande par une masse « brisée » en quatre volumes.



© Zaha Hadid Architects (architecte) ; Bjarke Liboriusen (photographe)

Source : flickr.com/photos/75816597@N07/8307223914 ; flickr.com/photos/75816597@N07/8307209552

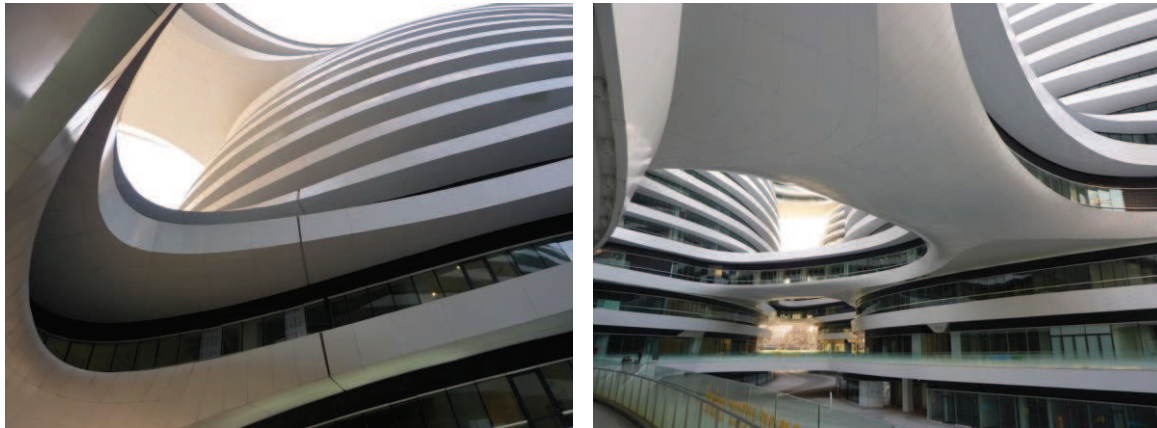
Figure 1. Les connexions entre les bâtiments.

Ces quatre volumes sont connectés entre eux à différents niveaux, en déterminant des espaces de transition inspirés de la cour intérieure (Hadid, 2012). Ce processus influence les critères fluides exploités par les concepteurs car, contrairement au Heydar Aliyev Center, la géométrie finale du bâtiment est le résultat d'une « co-rationalisation »², qui associe l'approche sculpturale (l'idée formelle initiale) et l'approche mathématique (son développement selon les paramètres

¹ « In the work of Zaha Hadid Architects (ZHA), the post-rationalisation step complements the digital free-form design processes arising from the use of tools such as subdivision surface modelling in Maya. In this case, the interplay between a fluid, dynamic design language that is deliberately unconstrained by premature concerns of constructability, and the sensitive application of rationalization techniques that are faithful to the original form, have enabled the firm to explore radically different design geometries and accurately execute them [...] » (Ceccato, 2012, p. 99-100).

² « [...] the Galaxy SOHO project by ZHA, which was developed initially as a Maya subdivision surface model that acts as the main "driving" geometry for a series of overlaid models in CATIA, each of which brings a higher level of geometric definition and constructibility for fabrication and assembly than the previous one » (*Ibid.*, 2012, p. 100).

décrits ci-dessus). Rapporté au projet Les Turbulences de Jakob + MacFarlane, où le processus paramétrique est employé non seulement pour « modéliser » la forme selon les contraintes de réalisation, mais aussi pour la faire émerger à partir des données existantes (ce qui constitue le paramètre principal), Galaxy SOHO conserve le concept formel initial (l'approche sculpturale) et le transforme selon différents paramètres (l'approche mathématique).



© Zaha Hadid Architects (architecte) ; Bjarke Liboriussen (photographe)

Source : flickr.com/photos/75816597@N07/8306166433; flickr.com/photos/75816597@N07/8306197237

Figure 3. Les lignes sinueuses qui constituent les transitions en douceur entre les bâtiments évoquent la continuité formelle du projet.

Les « lignes » continues qui connectent, par une transition en douceur, les quatre volumes courbes soulignent l'intention sculpturale conservée depuis le début du projet. Grâce à cette composition dynamique, l'approche sculpturale est maximale. Le caractère fluide de cette étude de cas caractérise la forme finale, qui est le résultat du développement de l'intention sculpturale initiale selon un processus mathématique, paramétrique, non maximal. Ce degré découle du fait

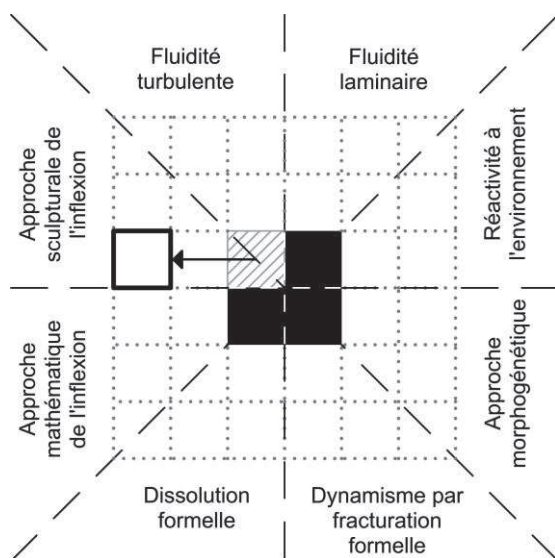


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité par l'approche sculpturale de l'inflexion.

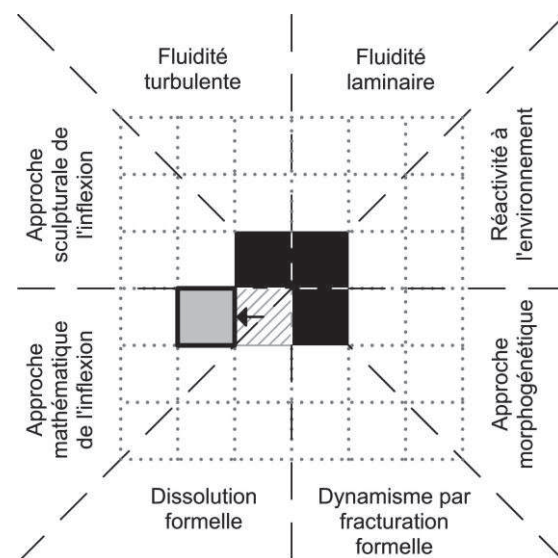


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par l'approche mathématique de l'inflexion.

que la forme finale n'est pas fondée en totalité sur cette approche paramétrique et l'intention sculpturale initiale est toujours présente.

Quant à l'ambiance, en dépit de l'intérieur blanc du bâtiment, elle n'est pas particulièrement recherchée. L'atmosphère n'est pas la dimension qui a dirigé le processus de conception et la fluidité turbulente ne résulte pas non plus de l'inflexion formelle car l'intérieur ne produit pas le sentiment de confusion : la géométrie est clairement perceptible, sans évoquer l'ambiguïté.

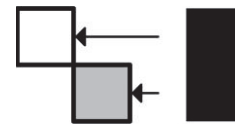
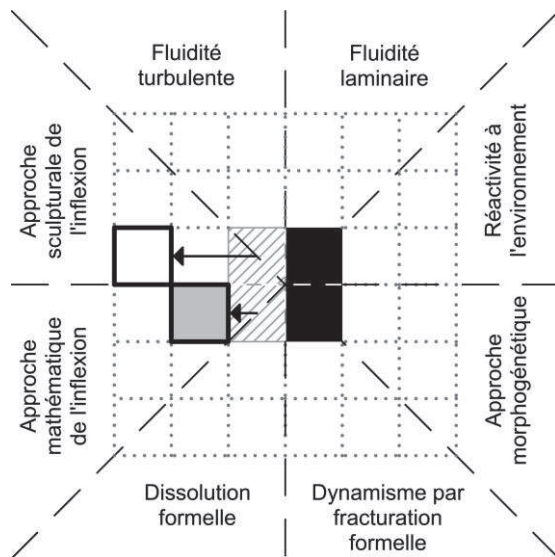


Figure 6. La représentation graphique de la fluidité du projet.

Puisque nous prenons en compte à la fois le processus et le résultat dans un projet architectural, le pictogramme associé à cette étude de cas représente la complexité de la continuité formelle.

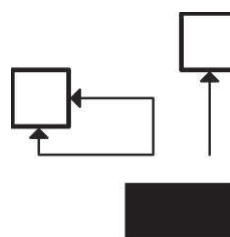
Cleveland Clinic Lou Ruvo

Architecte : **Gehry Partners**

Programme : **Clinique médicale**

Date : **2010**

Lieu : **Las Vegas, États-Unis**



Après avoir analysé les deux projets de Zaha Hadid qui proposent deux processus différents de développement formel, par cette étude de cas, nous avons l'intention de vérifier la post-rationalisation, décrite par Cristiano Ceccato, comme méthode de conception du projet qui incarne l'approche sculpturale de l'inflexion.



© Gehry Partners (architecte) ; Paul Kamberis (photographe)
Source : flickr.com/photos/m3phisto1969/17661480981

Figure 1. Vue extérieure du bâtiment.

La géométrie

Du point de vue du programme, la clinique médicale Cleveland Clinic à Las Vegas, spécialisée dans les maladies neurodégénératives, est composée de deux parties : un centre de recherche qui accueille les médecins, les chercheurs et les patients et une partie qui comprend un espace événementiel, un musée et une bibliothèque. La dichotomie architecturale des deux parties, comme « une métaphore des deux hémisphères du cerveau » (Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 194), s'exprime par des langages formels complètement différents. Le caractère sobre de l'aile destinée aux médecins et patients se traduit par ses lignes droites et par ses volumes cubiques en béton, tandis que l'aile

« génératrice de fonds »¹ (Gehry, Luigi, 2010), par la composition de lignes sinueuses et les surfaces métalliques à double courbure, a un caractère ludique et dynamique.



© Gehry Partners (architecte) ; O. Palsson (photographe) ; Darius Kuzmickas (photographe)
Source : flickr.com/photos/opalsson/8573651373 ; flickr.com/photos/kudaphoto/4718487841

Figure 2. La différence du langage architectural entre les deux parties du projet.

Notre analyse fluide se concentre uniquement sur l'aile qui accueille le programme culturel et événementiel, dans laquelle les expressions fluides sont présentes. La forme « exubérante »² du concept de Gehry constitue d'abord la réponse à la demande de créer un projet unique même pour Las Vegas. La géométrie finale, « une virevoltante enveloppe autoportante en acier inoxydable qui s'effondre en multiples circonvolutions et se perfore de 199 fenêtres toutes différentes les unes des autres » (Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 195- 196) est le résultat d'un geste sculptural, qui suit un processus de post-rationalisation : la recherche formelle est travail empirique par des maquettes qui utilise les moyens numériques pour concrétiser cette forme déjà conçue. Grâce à la lisibilité de la complexité de l'enveloppe autoportante depuis l'intérieur du bâtiment, la fluidité par l'approche sculpturale de l'inflexion s'établit au degré 1.



© Gehry Partners (architecte) ;
Source : Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 195

Figure 3. La recherche formelle par des maquettes.

¹ Cette appellation désigne l'objectif financier de cette aile car elle est destinée aux différents événements culturels ou de divertissement afin d'obtenir des financements, sous la forme de donations, pour la clinique médicale.

² Le terme d'« exubérance » a été défini dans le chapitre « La continuité formelle ».

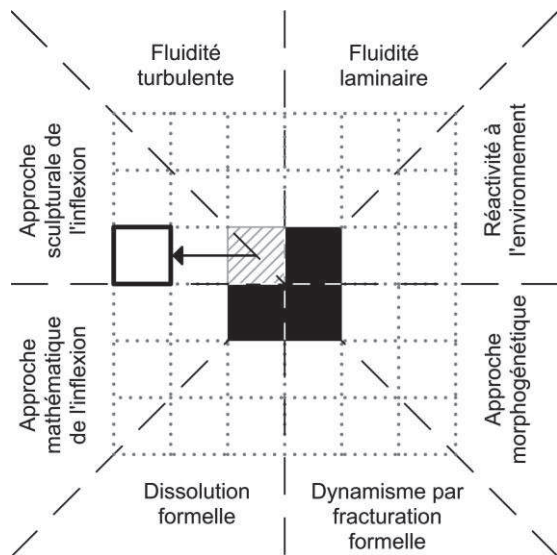


Figure 5. La représentation graphique de la fluidité par l'approche sculpturale de l'inflexion.

L'ambiance

Pour ce qui est de l'ambiance, la fluidité mouvante est évoquée à la fois par la composition des surfaces infléchies, perceptible de l'intérieur, et par l'éclairage naturel. Similairement au projet Heydar Aliyev, l'atmosphère est une association de fluidité turbulente et fluidité laminaire. Les différentes surfaces ondulées qui s'entrecroisent produisent une ambiguïté en ce qui concerne la détermination exacte de la géométrie du bâtiment. Le degré de confusion n'est pas maximal car il est équilibré par la dimension laminaire de l'ambiance : l'éclairage et la monochromie des

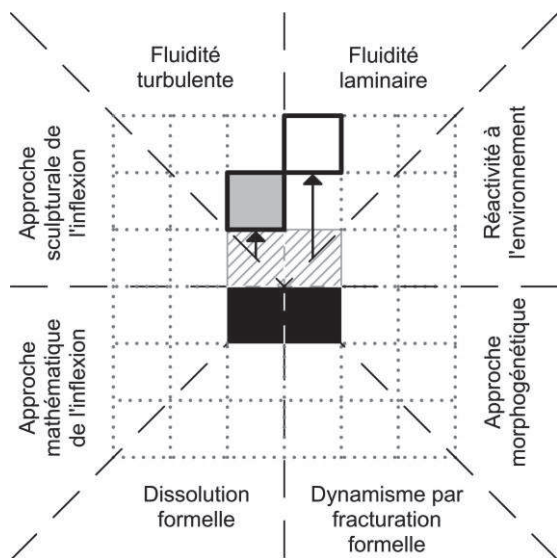


Figure 7. La représentation graphique de la fluidité mouvante.



© Gehry Partners (architecte)

Source : Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 194

Figure 4. Le dialogue entre les deux parties du bâtiment (maquette).



© Gehry Partners (architecte)

Source : Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 197

Figure 6. La lisibilité de la continuité formelle de l'enveloppe à l'intérieur du bâtiment.

surfaces blanches introduisent une sérénité presque surréelle, baroque³. Dans ce cas, même si l'éclairage est uniforme, il est très intense. La lumière n'est plus filtrée, mais elle pénètre l'enveloppe par une multitude d'oculus. Pour cette raison, la fluidité laminaire est maximale. Dans cette étude de cas, le surréalisme de l'ambiance s'exprime par le glissement de la lumière naturelle sur les inflexions architectoniques.

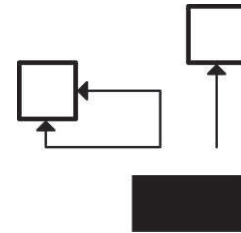
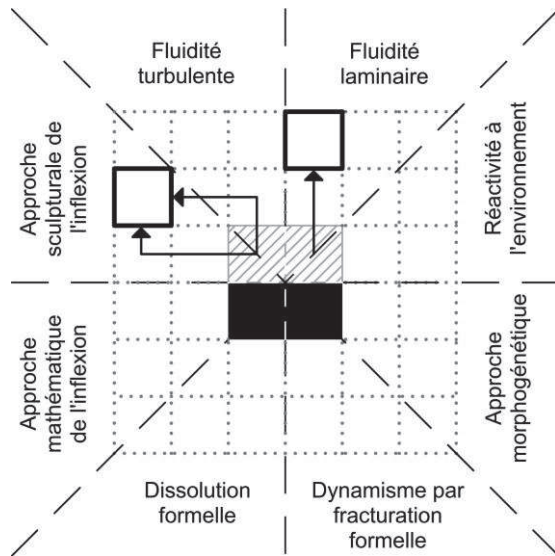


Figure 8. La représentation graphique de la fluidité du projet.

³ Les questions de la sérénité et du surréalisme ont déjà été discutées, par rapport aux églises baroques, dans le chapitre « l'ambiance architecturale ».

Hôtel Marqués de Riscal



Architecte : **Gehry Partners**
Programme : **Complexe hôtelier**
Date : **2006**
Lieu : **Elciego, Álava, Espagne**

Ce projet est caractérisé par la même dichotomie formelle, présente dans l'étude de cas précédente, entre les volumes cubiques et les surfaces ondulées. Nous avons choisi ce projet pour mettre en évidence la variation des expressions fluides dans des langages architecturaux similaires.



© Gehry Partners (architecte) ; Yon Garin (photographe)

Source : flickr.com/photos/jgarin/4699448123

Figure 1. Vue extérieure du bâtiment.

La géométrie

Le complexe hôtelier de Frank Gehry se situe dans une zone viticole et fait partie du projet « Cité du Vin ». Il comprend un hôtel avec 43 suites de luxe, deux restaurants, une terrasse panoramique, une bibliothèque œnologique et une structure pour la vinothérapie (Frank O. Gehry : Hôtel Marqués de Riscal, Elciego, 2008, p. 10). Le bâtiment est « un contrepoint de cubes irréguliers en béton couverts en pierre », projetés en porte-à-faux et soutenus par trois piliers (Lemonier, Migayrou, Centre national d'art et de culture Georges Pompidou, 2014, p. 190). Autour de ces volumes rigides, une série de vingt rubans ondulés se superposent et s'imbriquent dans une composition dynamique qui constitue un « spectaculaire pare-soleil » (*Ibid.*, 2014,

p. 190). Similairement à l'étude de cas précédente, la continuité formelle et notamment l'abondance de courbes et contre-courbes définissent le caractère plastique du bâtiment. Par cette comparaison, notre objectif est de souligner et d'identifier les nuances fluides de deux concepts apparemment semblables.



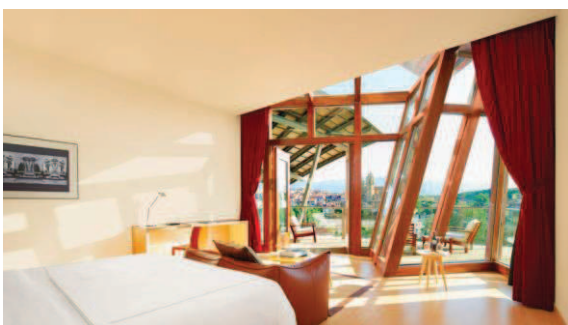
© Gehry Partners (architecte) ; Wojtek Gurak (photographe)
Source : flickr.com/photos/wojtekgurak/5880122502



© Hans Brinker (photographe)
flickr.com/photos/hansbrinker/2140267612

Figure 2. Le contraste entre l'expression formelle du bâtiment et l'expression formelle des rubans.

Du point de vue de la continuité formelle, les vingt rubans figés à l'instant d'un délire dynamique constituent l'expression d'un geste artistique, d'une pure intention sculpturale. Même si apparemment il existe une tendance à associer cette composition hallucinante de lignes « malumiennes »¹ à un degré maximal de fluidité, nous considérons la continuité formelle par l'approche sculpturale de l'inflexion limitée à un degré 1 de fluidité. Pourquoi ? Dans ce cas, la lisibilité de la continuité formelle est réduite uniquement depuis l'extérieur du bâtiment, comme un accent sinueux qui relie tous les volumes et qui constitue un contrepoint à leur rigidité. La déformation des volumes cubiques, trop timide pour donner à l'intérieur du bâtiment un caractère dynamique similaire à la composition mouvementée de l'extérieur, s'exprime par quelques diagonales et courbes légères.



© Gehry Partners (architecte)
Source : hotel-marquesderiscal.com/fr



Figure 3. L'intérieur du bâtiment, par ses diagonales timides ne « traduit » pas la continuité formelle présente à l'extérieur.

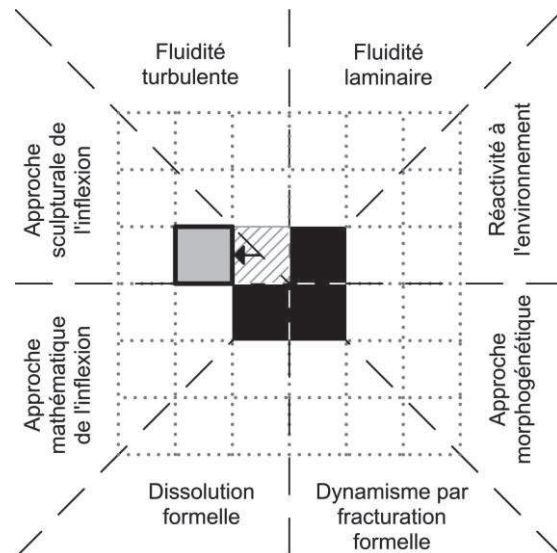
¹ Les notions de « maluma » et « takete » sont expliquées dans le chapitre « Chaos, fractales et catastrophes comme expressions architecturales fluides ».

Contrairement au projet Cleveland Clinic à Las Vegas, dans cette étude de cas, les deux langages différents ne correspondent pas à deux bâtiments différents, mais ils sont intégrés dans la même entité. Pour cette raison, nous sommes obligés de penser notre analyse fluïdique à l'échelle du bâtiment entier et non uniquement à l'échelle d'une seule partie et par conséquent, la fluidité par la continuité formelle est réduite au degré 1.

Quant à l'ambiance, cette dimension est le résultat d'une approche conceptuelle classique en ce qui concerne le programme hôtelier et de restauration. Au regard de la fluidité, nous considérons que l'ambiance n'est pas particulièrement recherchée. Ainsi, nous observons qu'en dépit de l'apparente similitude formelle, les pictogrammes des deux projets de Gehry diffèrent fondamentalement car la « gratuité » formelle réduit les critères exploités et leur degré de fluidité.



Figure 4. La représentation graphique de la fluidité du projet.



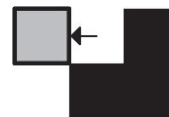
Aqua Tower

Architecte : **Studio Gang Architects**

Programme : **Hôtel et logements**

Date : **2010**

Lieu : **Chicago, États-Unis**



Suite à l'analyse fluidique de l'hôtel de Frank Gehry, nous avons choisi le projet Aqua Tower comme un exemple différent du point de vue volumétrique, mais semblable en ce qui concerne la fluidité. Nous pensons que l'analyse comparative entre plusieurs études de cas a un rôle décisif pour la bonne compréhension du concept de « fluidité ». Pour cette raison nous ne choisissons pas uniquement des projets similaires du point de vue formel ou spatial qui démontrent un caractère fluide différent, mais également des projets formellement hétérogènes qui présentent une qualité fluide semblable.



© Studio Gang Architects (architecte) ;
George Showman (photographe)

Source : flickr.com/photos/gshowman/3668250139

Figure 1. Vue extérieure du bâtiment.

La géométrie

L'architecte Jeanne Gang décrit le gratte-ciel de 82 étages qui accueille un hôtel, des appartements en location ou en propriété comme une « topographie inversée », verticale, pensée en plusieurs couches (Gang, 2011). L'ondulation verticale de l'enveloppe est le résultat de la lecture verticale des terrasses qui diffèrent à chaque niveau. La forme qui suggère une série des vagues¹ fait référence, selon le discours du concepteur, au paysage rocheux qui se trouve à proximité des grands lacs et chaque « colline » de la façade est orientée vers des repères spécifiques. Par analogie, les éléments qui modélisent le paysage rocheux, comme l'eau,

¹ « [...] a shape that flows in and out [...] » (Gang, 2011).

le vent ou le temps, sont traduites en critères architecturaux, comme utilisation, accessibilité et protection solaire (*Ibid.*, 2011).

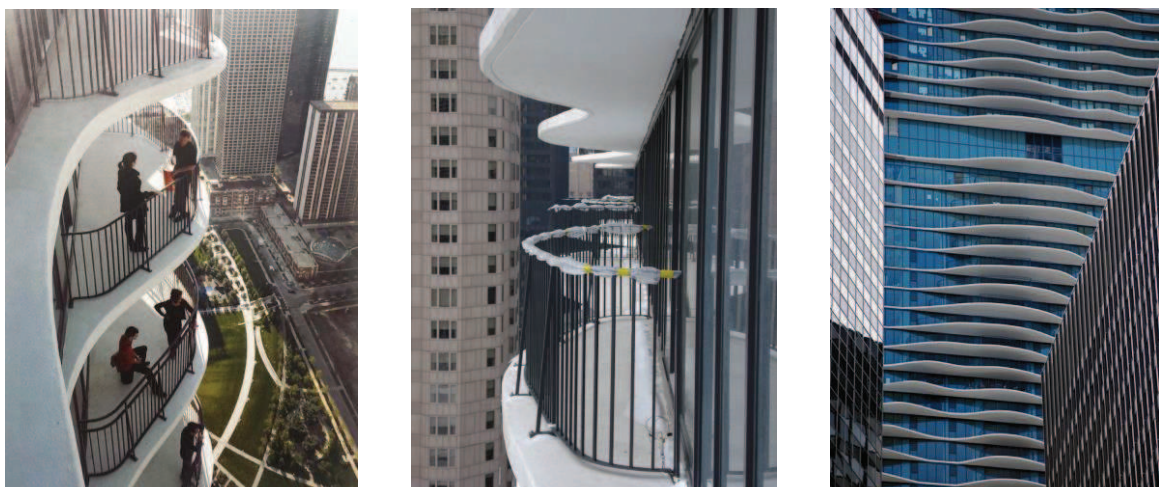
Pour ce qui est de la fluidité, Jeanne Gang caractérise son projet comme « a fluid design » qui a une « qualité organique »² (Gang, 2008). Nous considérons la façade du bâtiment comme une expression de la continuité formelle développée par une approche sculpturale de l'inflexion.



© Studio Gang Architects (architecte) ; John Picken Photo (photographe) ; George Showman (photographe)
Source : flickr.com/photos/picken/3559127953 ; flickr.com/photos/gshowman/3669057602

Figure 2. La continuité formelle de la « topographie verticale » dépend de la visualisation globale de la façade.

Cette continuité de la façade est perçue seulement à l'échelle intégrale du bâtiment. Elle ne peut pas être remarquée à chaque niveau et pour cette raison, à l'intérieur des logements, la continuité formelle n'est pas visible. Ainsi, même si la fluidité figée de la façade est maximale tandis que la fluidité du bâtiment est réduite au degré 1. Le désaccord, au regard de la fluidité, entre la façade et l'espace intérieur constitue le point commun entre cette étude de cas et l'hôtel at Marqués de Riscal de Frank Gehry. Même si ces deux exemples diffèrent en ce qui concerne la volumétrie et la façade, leurs accents de fluidité figée sont approchants.



© Studio Gang Architects (architecte) ; Timothy Brown (photographe) ; S. Zelov (photographe)
Source : Matteo, 2011, p. 34 ; flickr.com/photos/atelier_flir/3130957768 ; flickr.com/photos/30822869@N03/3849791323

Figure 3. La continuité formelle est réalisée par une composition de terrasses accessibles aux habitants.

² La qualité organique se réfère à la forme ondulée empruntée à la topographie naturelle.

Par les terrasses courbes accessibles aux habitants, il existe une « ouverture » de l'espace intérieur vers l'extérieur, qui est une dimension novatrice pour l'architecture « fermée » spécifique aux gratte-ciels. En dépit de cette « porosité » du bâtiment, le prolongement de l'espace intérieur vers l'extérieur ne produit pas une dissolution formelle. La fluidité figée s'exprime alors par un seul critère : la continuité formelle par l'approche sculpturale de l'inflexion. Quant à l'ambiance, nous considérons que la fluidité mouvante n'est pas particulièrement recherchée dans ce projet.

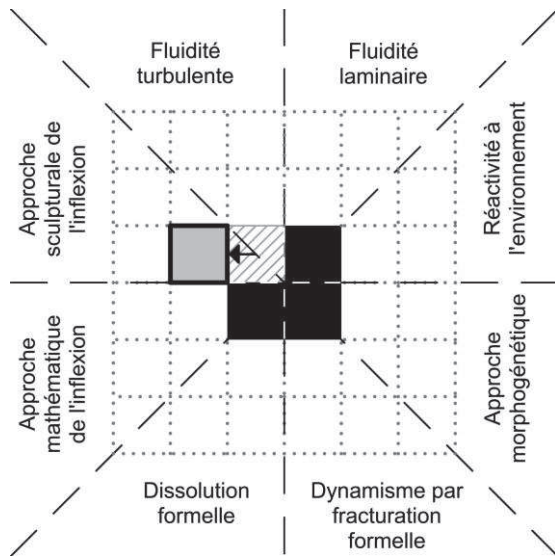
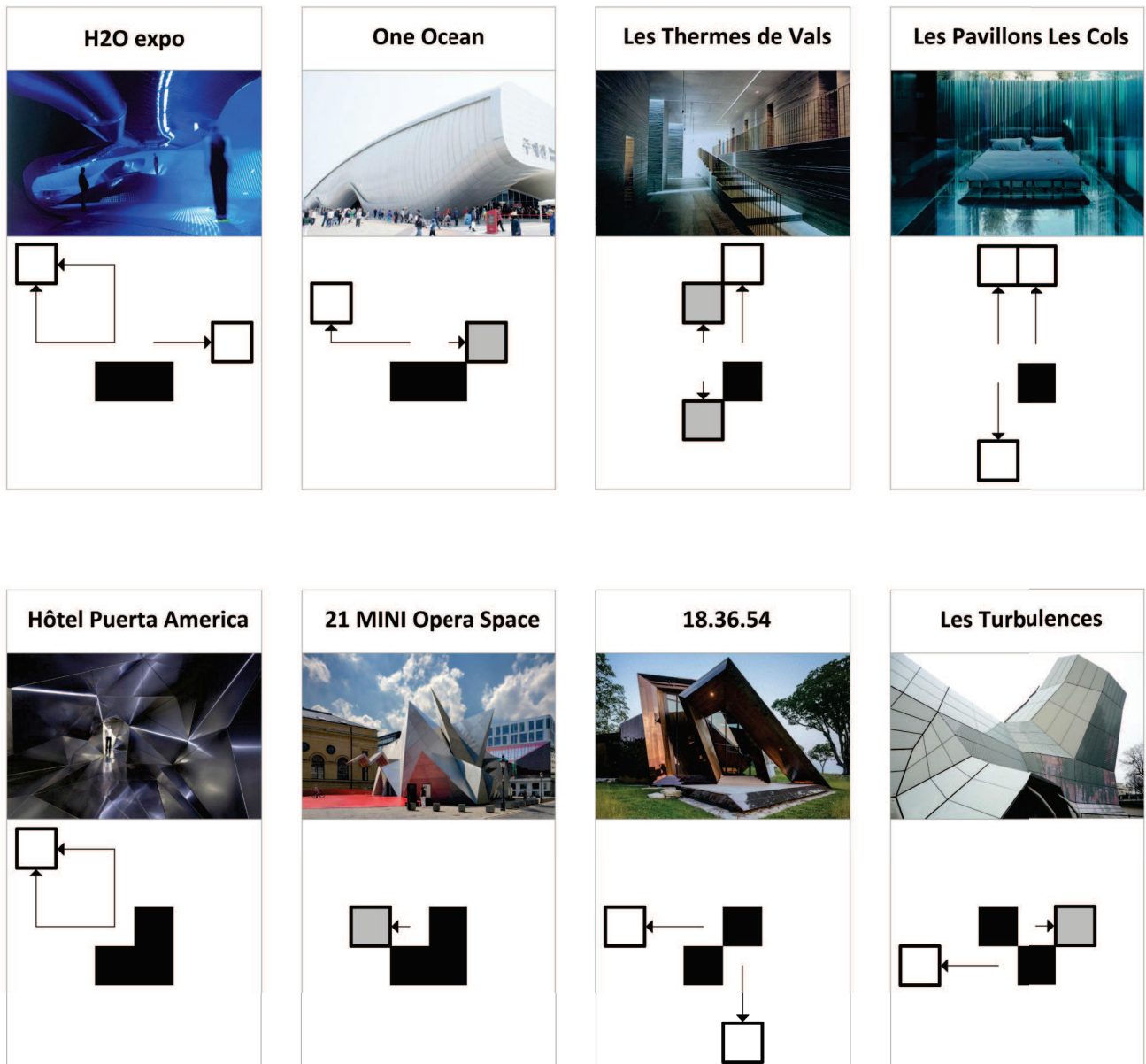


Figure 4. La représentation graphique de la fluidité du projet.

Observations sur l'analyse des études de cas

Observations sur l'analyse des études de cas

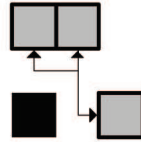
La fluidité des vingt études de cas analysées dans cette thèse est représentée par leur pictogramme associé. Cette représentation, résultat de l'analyse individuelle de chaque étude de cas, nous permet de comparer, du point de vue du rapport entre l'architecture (l'architectonique et l'ambiance) et la fluidité, les exemples choisis. A la suite de cette analyse comparative, nous identifions deux situations : la première situation se réfère à des exemples similaires en matière d'architectonique, d'ambiance ou de processus de conception mais qui diffèrent par leurs expressions fluides. Dans le corpus de la thèse, cette situation a été employée comme critère d'organisation séquentielle des études de cas. La deuxième situation se trouve à l'antipode de la première, c'est-à-dire que des exemples différents en ce qui concerne l'architectonique, l'ambiance ou le processus de conception peuvent être semblables ou même équivalents du point de vue de la fluidité. La deuxième situation sera exemplifiée par plusieurs comparaisons.



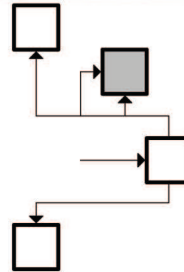
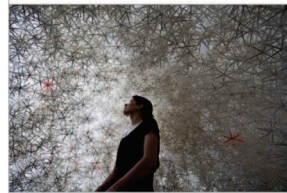
ICD/ITKE Pavilion 2011



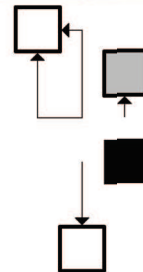
ICD/ITKE Pavilion 2014



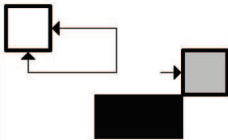
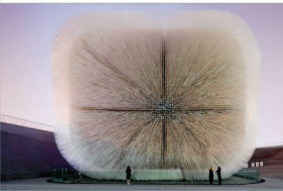
Aggregate Structure



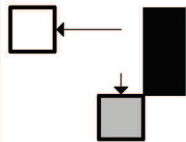
Cloud Pavilion



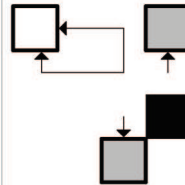
La cathédrale de graines



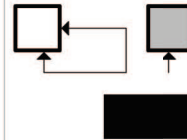
Parasol Metropol



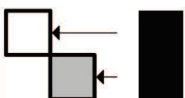
Rolex Learning Center



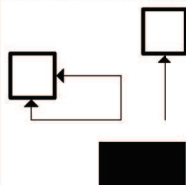
Heydar Aliyev Center



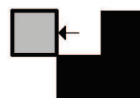
Galaxy SOHO



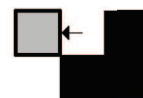
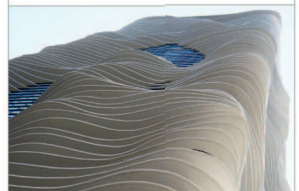
Cleveland Clinic L. Ruvo



Hôtel Marqués de Riscal



Aqua Tower



Exemples de similitudes entre différents pictogrammes

Afin d'exemplifier la situation qui se réfère à des études de cas similaires en matière d'architecture, d'ambiance ou de processus de conception mais qui diffèrent par leurs expressions fluides, nous avons choisi trois comparaisons entre les exemples analysés. Ces comparaisons sont fondées sur le fait que la fluidité architecturale de toutes les études de cas impliquées résulte de l'exploitation des mêmes critères. L'équivalence de la fluidité des exemples comparés dépend ainsi du degré de fluidité des critères, qui peut légèrement varier ou même coïncider.

La première comparaison vise trois projets dont les pictogrammes associés sont identiques. Les expressions de la fluidité architecturale du projet 21 MINI Opera Space de Coop Himmelb(l)au, du projet hôtel Marqués de Riscal de Frank O. Gehry et du projet Aqua Tower de Studio Gang coïncident.

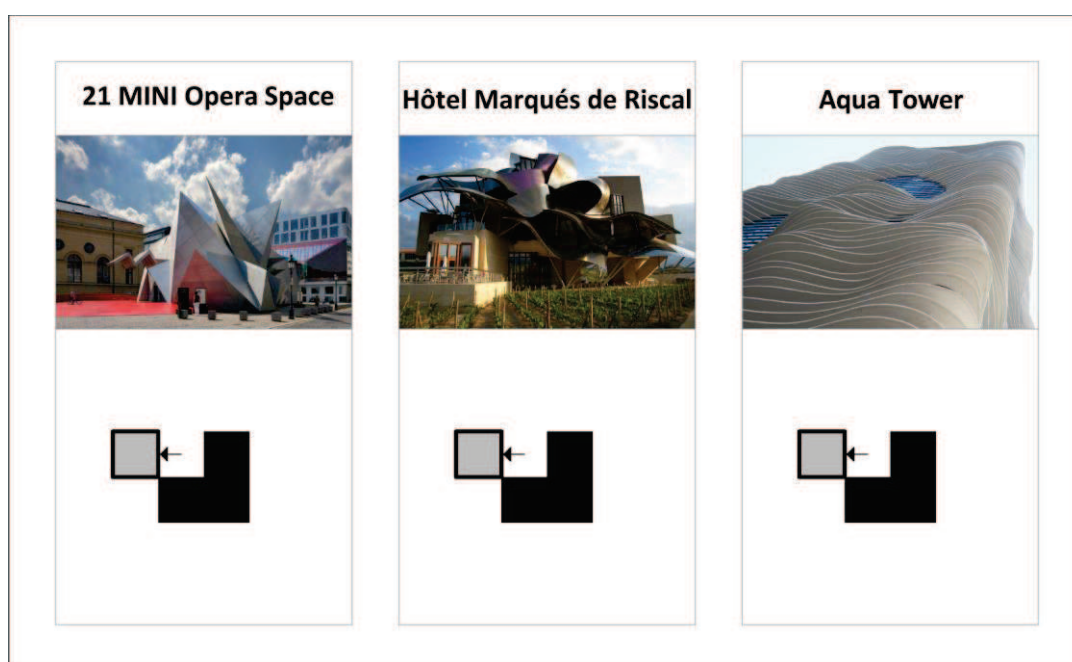


Figure 1. La comparaison entre trois projets formellement différents dont les pictogrammes associés coïncident.

Cette comparaison nous révèle la variation de la fluidité comme une dimension partiellement indépendante de la forme. Indubitablement, la forme a une influence importante sur le caractère fluide du bâtiment mais, comme nous avons déjà expliqué dans l'« Introduction à la méthode d'analyse des études de cas », le critère formel ne constitue pas le déterminant unique de la fluidité. Dans ce cas, le seul critère exploité par les architectes est incarné par l'approche sculpturale de l'inflexion. Nous observons que l'inflexion est différemment exprimée par les trois projets. Par l'inflexion anguleuse, la forme « takétienne » du projet de Coop Himmelb(l)au exprime le dynamisme de la fréquence sonore, tandis que par l'inflexion curviligne, la forme « malumienne » du projet de Studio Gang représente une topographie verticale. Quant aux projets de Frank O. Gehry, la composition d'inflexions curvilignes, présente dans l'hôtel Marqués de Riscal, définit son langage architectural fondé sur une approche purement sculpturale. Les trois exemples sont caractérisés par un degré 1 de continuité formelle par l'approche sculpturale de l'inflexion. Dans le 21 MINI Opera Space, ce degré est le résultat du dynamisme « violent » de l'architecture, tandis que dans les deux autres projets, ce degré exprime une intention plastique concentrée uniquement sur l'extérieur du bâtiment. Ce double langage entre l'intérieur du bâtiment et son extérieur trahit une discontinuité de la dynamique architecturale, qui limite la fluidité (au degré 1). Cette comparaison confirme la fluidité comme une dimension dynamique de l'architecture et non seulement comme une composition de lignes ondulées. Ainsi, elle vérifie notre hypothèse de la « fluidité figée »¹, qui exprime le caractère dynamique de l'architecture.

La deuxième comparaison vise deux exemples dont les pictogrammes sont similaires, mais les flèches diffèrent. Par ces flèches, les pictogrammes « traduisent » l'intention du concepteur de développer ou d'éviter un certain critère de la fluidité. Le projet One Ocean de SOMA Architecture et la Cathédrale de graines de Heatherwick Studio sont deux exemples qui exploitent les mêmes critères de fluidité et au même degré. Même si du point de vue de la matérialité les deux projets sont très différents, du point de vue de la fluidité architecturale, ils sont presque identiques. La continuité formelle par l'approche sculpturale de l'inflexion est le critère exploité au maximum dans les deux cas. Néanmoins, les manières par lesquelles ce critère est incarné sont distinctes : dans le pavillon de SOMA Architecture, l'approche de l'inflexion est évoquée par les lignes ondulées clairement définies, tandis que dans le pavillon de Heatherwick Studio, la continuité formelle est évoquée par la limite floue, déterminée par les

¹ Dans l'« Introduction » de la thèse, nous avons considéré la fluidité figée comme une masse, une matière qui, soumise à un mouvement, à une transformation continue, a été surprise à un instant de son évolution et a été « gelée » dans une forme singulière.

66 000 éléments individuels. Cette comparaison présente deux méthodes pour réaliser la courbure et pour matérialiser la continuité formelle.

Outre la continuité formelle, les deux pictogrammes mettent en évidence une équivalence en ce qui concerne la réactivité à l'environnement. Dans les deux cas, les éléments architectoniques réagissent aux facteurs climatiques (particulièrement au vent), mais pas aux facteurs humains. Cette réactivité, qui n'implique pas les visiteurs, limite la fluidité au degré 1. Quant à l'ambiance, puisque le visiteur n'influence pas la réactivité à l'environnement des bâtiments, l'accent turbulent est indépendant de ce critère. Dans le pavillon One Ocean, l'accent turbulent est le résultat de la continuité formelle à l'intérieur du bâtiment, tandis que dans la Cathédrale de graines, la dimension turbulente est particulièrement recherchée par les 66 000 sources de lumière. En ce qui concerne l'ambiance, les flèches soulignent la différence d'approche : l'ambiance comme résultat d'une certaine architecture ou comme idée génératrice du projet.

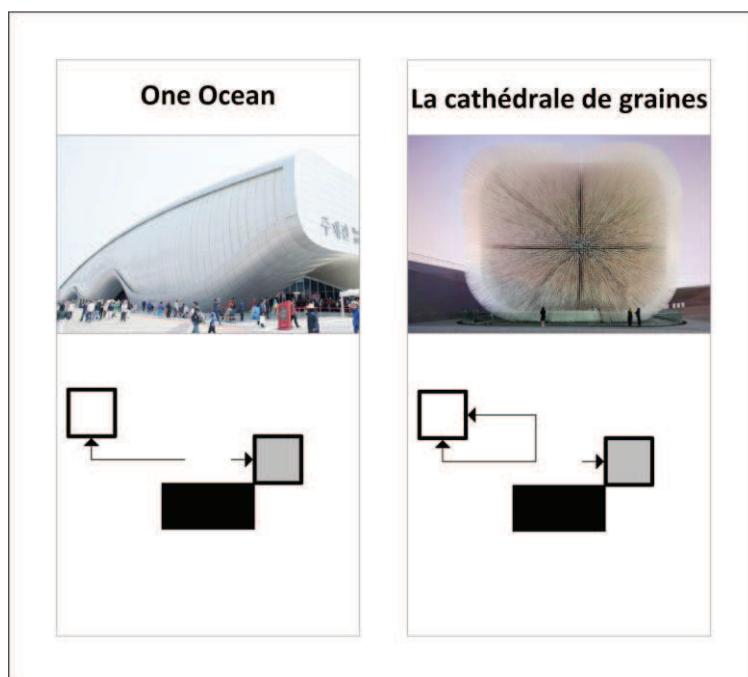


Figure 2. La comparaison entre deux projets formellement différents dont les pictogrammes coïncident du point de vue des critères exploités et de leur degré de fluidité, mais différent du point de vue des flèches.

La dernière comparaison vise deux études de cas auxquels sont attribués des pictogrammes similaires, qui représentent l'exploitation des mêmes critères de la fluidité, mais à différents degrés. Apparemment, le Rolex Learning Center de SANAA et le Cloud Pavilion de Sou Fujimoto ne présentent pas de ressemblances mais, au regard de la fluidité, les deux projets sont similaires. Si le degré de la fluidité laminaire, par l'homogénéité de la lumière filtrée, est

identique, le degré de la fluidité turbulente, de la dissolution et de la continuité formelle diffèrent.

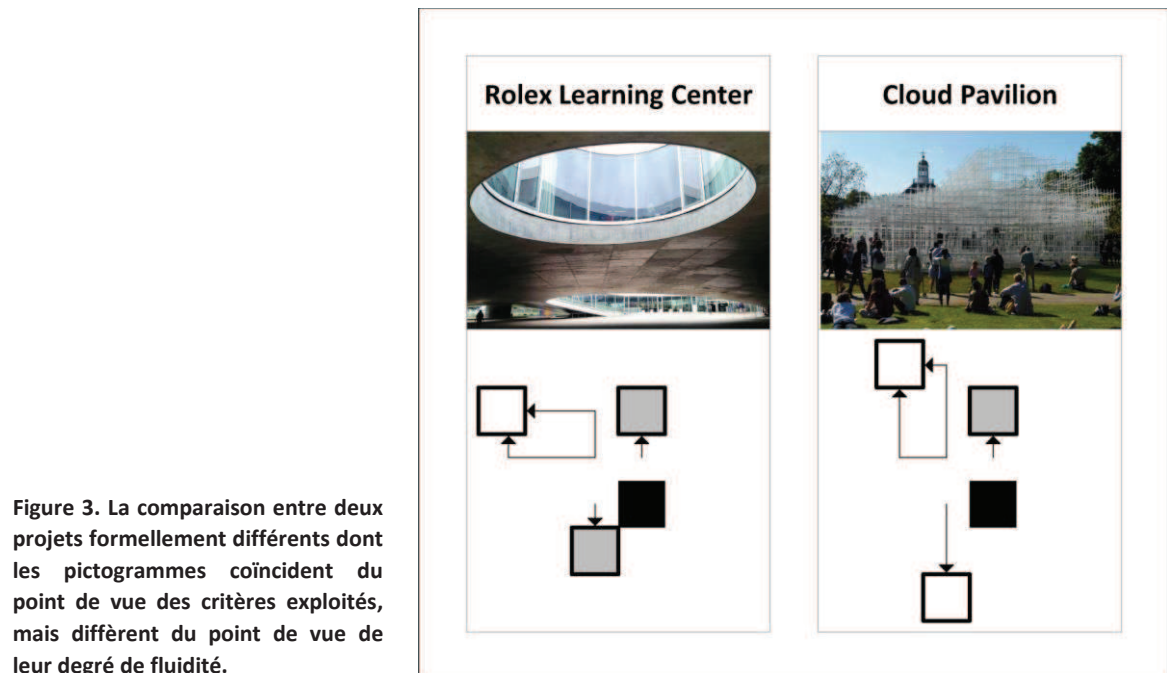


Figure 3. La comparaison entre deux projets formellement différents dont les pictogrammes coïncident du point de vue des critères exploités, mais différent du point de vue de leur degré de fluidité.

Pour ce qui est de la fluidité figée, l'approche sculpturale de l'inflexion de Rolex Learning Center est le critère exploité au maximum, tandis que la fluidité par la dissolution formelle s'établit au degré 1. Dans le Cloud Pavilion, par sa silhouette floue, ce rapport est inversé : la dissolution formelle est totale tandis que la fluidité par l'approche sculpturale de l'inflexion est limitée au degré 1. Le degré de la fluidité turbulente des deux exemples diffère également car la structure poreuse, dissoute du pavillon de Sou Fujimoto évoque une ambiguïté plus accentuée que la géométrie topographique et continue du projet de SANAA. Ainsi, même si les pictogrammes de ces deux exemples ne sont pas identiques, nous considérons qu'ils soulignent le rapport complexe entre l'architecture et la fluidité et l'importance des critères et de leur degré de fluidité dans le langage architectural.

L'analyse fluide des vingt études de cas met en évidence le rôle de chaque élément présent dans le schéma d'analyse. Les critères, les degrés de fluidité, les flèches influencent la fluidité d'un bâtiment, traduite par son pictogramme associé. Cette analyse vérifie le caractère indépendant de la fluidité d'un projet par rapport à son expression architecturale apparente. Nous considérons que cette capacité, d'identifier des qualités au-delà de l'aspect formel de la production architecturale, constitue le principe fondamental du concept de « fluidité ».

CONCLUSION

Conclusion

En ce qui concerne le concept de « fluidité architecturale », dans l'« Introduction » de la thèse nous avons présenté trois objectifs. Le premier objectif vise la définition de la fluidité et son association à l'architecture. Le deuxième objectif est de remettre la fluidité architecturale contemporaine dans une perspective historique évolutive, pour révéler les circonstances de son apparition, les conditions de son évolution, les critères d'appartenance à cette tendance, en distinguant ses attributs, ses caractéristiques et ses expressions. Et le troisième objectif est d'illustrer par l'analyse des expressions de la fluidité à partir du discours architectural contemporain. Par l'analogie entre l'architecture et la mécanique des fluides, les hypothèses associées à ces trois objectifs interrogent le double rapport entre la fluidité et l'architecture : la fluidité en architecture (la fluidité mouvante) et la fluidité de l'architecture (la fluidité figée). Le premier rapport se déploie en deux sous-hypothèses, incarnées par la fluidité laminaire et la fluidité turbulente, tandis que le deuxième rapport se déploie en trois sous-hypothèses, incarnées par la fluidité spatiale (la conception architecturale moderne), la fluidité formelle (la continuité formelle) et la fluidité biomimétique (l'architecture organique).

La première partie de la thèse développe et explique chaque hypothèse tandis que la deuxième partie se concentre sur leur vérification par l'analyse « fluide » d'une série d'études de cas. Les « Observations sur l'analyse des études de cas » soulignent les nouvelles correspondances créées par cette analyse entre différents projets. Ces correspondances, fondées sur les huit critères d'analyse (annoncés par les hypothèses), constituent le résultat d'une nouvelle interprétation du projet. Néanmoins, la pertinence des résultats de l'analyse fluide dépend de l'échantillon d'exemples choisis. Ainsi, les vingt projets sélectionnés sont suffisants pour la vérification des hypothèses mais, un éventail plus large d'exemples et implicitement de comparaisons entre différents projets augmenterait la compréhension du caractère complexe de la fluidité architecturale et renforcerait encore plus sa qualité de concept théorique. En outre, puisque la fluidité architecturale varie en fonction d'une série de critères, et non seulement en

fonction de la forme, l'analyse fluidique offre la possibilité d'identifier les dépendances entre les différents critères. Ces relations, apparemment invisibles, influencent l'expression fluide finale. Donc, nous considérons cette thèse à la fois comme un travail sur une notion, un concept théorique (par l'analogie avec la mécanique des fluides) et comme une manière de représenter la pensée du projet (par l'analyse fluidique).

Afin de définir la fluidité architecturale, nous avons poussée l'analogie entre l'architecture et la mécanique de fluide vers ses limites. Pourtant, la question de la fluidité mouvante présente un potentiel qui pourrait être encore développé et raffiné. Pourquoi ? Parmi toutes les références liées à l'atmosphère et à l'ineffable en architecture, notre hypothèse en ce qui concerne l'ambiance (la fluidité mouvante), incarnée par la fluidité laminaire et la fluidité turbulente, interroge non seulement les perceptions et les émotions (soient-elles évoquées par la sérénité de l'ambiance ou par sa confusion), mais aussi la fragilité de la limite entre les deux. Dans l'analyse fluidique des études de cas, nous considérons l'éclairage homogène (par le biais de la lumière filtrée) comme une fluidité laminaire non maximale, limitée au degré 1. Dans le chapitre « L'ambiance architecturale », nous avons défini le clair-obscur comme la capacité par laquelle un espace peut atteindre la qualité de sérénité totale. Ce contraste entre lumière et ombre, présent par exemple dans les thermes de Peter Zumthor, est une idée génératrice du projet, particulièrement recherchée, qui ne peut pas résulter d'une intention purement formelle. Cependant, la fluidité turbulente maximale résulte aussi d'un contraste entre lumière et ombre, exprimant, quant à lui, la confusion et l'angoisse. Même si, habituellement, la fluidité laminaire découle d'un éclairage naturel et la fluidité laminaire d'un éclairage artificiel, il n'existe pas de règle qui sépare clairement les deux catégories. De plus, l'ambiance n'est pas uniquement influencée par la lumière. La limite entre laminaire et turbulent dépend de plusieurs caractéristiques de l'espace (le son, la température, etc.). Pour cette raison, nous considérons la complexité de cette question, contrairement à la fluidité figée déjà amplement « décortiquée », comme une piste encore féconde pour de nouvelles recherches.

Pour ce qui est de la représentation de la pensée du projet, nous ne nous référons pas à la méthode graphique utilisée (comme une composition de carrés), mais à la façon de traduire l'intention de concepteur en architecture. Cette méthode peut être également développée au-delà du point de vue de la fluidité ou de l'échelle du bâtiment en tant que résultat du discours architectural. Elle pourrait être utilisée à une échelle élargie, fondée sur une palette plus variée de critères d'analyse (par exemple, à l'échelle du processus de réalisation d'un projet, le schéma d'analyse impliquerait plusieurs acteurs, plusieurs contraintes et une complexité plus grande en ce qui concerne les relations entre les différents critères et leurs degrés d'exploitation).

Par ce travail théorique, nous avons souligné non seulement les expressions contemporaines du concept de la fluidité, mais aussi son évolution. La thèse elle-même constitue un sujet ouvert car la qualité fluide de l'architecture évolue en permanence, selon les nouvelles formes, les nouveaux processus de conception, les nouveaux matériaux et évidemment, selon l'ambiance, toujours instable. Ainsi, nous avons appelé « fluide » et « fluidité » une qualité intrinsèque à l'architecture, qui évolue, comme un fluide physique, à travers l'histoire et qui se trouve dans une permanente fluctuation. Cette qualité n'est pas uniquement définie par la forme, par l'espace, par le processus, par l'ambiance... mais par la coexistence de tous ces éléments et par les rapports entre eux. A la fin, elle est définie par l'architecture. Aujourd'hui, par rapport à l'architecture historique, nous nous retrouvons devant une explosion d'accents fluides et à une fluidité architecturale maximale, mais grâce à son caractère fluctuant et variable, elle évoluera (comme toutes les caractéristiques intrinsèques) simultanément avec l'architecture : nous pouvons considérer que l'architecture contemporaine se trouve, rapportée à l'architecture historique, à un degré maximal d'entropie.

L'originalité de ce travail réside dans les approches par lesquelles la fluidité est associée à l'architecture. La « traduction » des notions spécifiques à la mécanique des fluides en architecture (afin d'identifier les attributs des fluides qui peuvent caractériser l'architecture) et leur identification (par l'analyse fluidique) dans une palette variée de projets architecturaux constituent les deux approches de la thèse. Ainsi, la thèse « La fluidité architecturale : histoire et actualité du concept », par ses critères de la fluidité et par l'analyse fluidique, fournit une nouvelle méthode d'analyse à la fois pour l'architecture du passé et pour l'architecture contemporaine.

Bibliographie

LA PREMIERE PARTIE - Le cadre théorique du concept de « fluidité »

- ACADÉMIE DE REIMS, INSPECTION DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE, 2000. « Rénovation de l'Enseignement Professionnel ». In : [en ligne]. [s.l.]. Disponible sur : < web.ac-reims.fr/datice/ppcp/intertransdiscip.doc > (consulté le 17 novembre 2014).
- AMALDI, Paolo, 2006. *Espace et densité : Mies van der Rohe*. Gollion : Infolio. 219 p. ISBN 9782884745208.
- AMALDI, Paolo, 2011. *Architecture, Profondeur, Mouvement*. Gollion : Infolio. 495 p.
- ANDREOTTI, Bruno, FORTERRE, Yoel, POULIQUEN, Olivier, 2011. *Les milieux granulaires : entre fluide et solide*. Courtaboeuf : EDP Sciences. 512 p.
- ANGER, Romain, 2011. *Approche granulaire et colloïdale du matériau terre pour la construction* [en ligne]. Lyon : l'Institut National des Sciences Appliquées (INSA) de Lyon. 236 p. Disponible sur : < tel.archives-ouvertes.fr/file/index/docid/735722/filename/these.pdf > (consulté le 2 mars 2015).
- ARGAN, Giulio Carlo, 1996. *Borromini*. (1ère éd. 1955). Paris : Les éditions de la passion. 126 p. ISBN 2906229288.
- ARNAUD, François, 2010. « La création architecturale et la nature des images - du cinéma au virtuel ». In : *D'A. D'Architectures*. 2010. n° 196, p. 39-57.
- AURIER, Georges-Albert, 1995. *Textes critiques 1889-1892 : de l'impressionnisme au symbolisme*. Paris : École nationale supérieure des beaux-arts. 159 p. Coll. Beaux-arts histoire.
- AZAR, Grégory, 2005. *L'espace contre l'architecture : le cas Van Doesburg (analyse des Contre-Constructions)*. Lausanne : École Polytechnique Fédérale de Lausanne. 254 p.
- AZAR, Grégory, 2008. « La fiction de l'espace-temps : Theo van Doesburg et la "french connection" ». In : *Matières*. 2008. n° 9, p. 52-72.
- BACHELET, Bernard, 1998. *L'espace*. Paris : Presses Universitaires de France. 127 p. ISBN 213048641X.
- BALMOND, Cecil, 1999. « La nouvelle structure et l'informel ». In : *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*. 1999. Vol. 222, p. 38-49.

- BARANGER, Michael, 2010. « Chaos, Complexity, and Entropy : A physics talk for non-physicists ». In : *New England Complex Systems Institute* [en ligne]. Avril 2010. Disponible sur : < <http://www.necsi.edu/projects/baranger/cce.html> > (consulté le 11 février 2015).
- BARDESCHI, Marco Dezzi, 1964. « Le culte de l'histoire et de la personnalité dans l'architecture italienne ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1964. Vol. 113-114, p. 157-171.
- BARIDON, Laurent, 2013. « La fluidité architecturale et urbaine : une recherche de nouveaux paradigmes au XIXe siècle ». In : CASTANET, Pierre-Albert, COUSINIE, Frédéric, FONTAINE, Philippe, *L'impressionnisme, les arts, la fluidité*. Rouen; Havre : Presses universitaires de Rouen et du Havre. p. 193-202. ISBN 9782877755566.
- BARRÈS, Patrick, 2007. « L'espace architectural en pli : Pratiques du lieu et du flux ». In : *Communication et organisation*. 2007. n° 32, p. 52-63.
- BASTIN, Olivier, 2000. « Au-delà de la forme? Entretien avec Frédéric Flamand ». In : *Nouvelles de danse*. 2000. Vol. 42-43, p. 161-174.
- BATT, Noëlle, 2008. « Literary texts and non-linear dynamical systems ». In : *Imaginaires : Ordre et Chaos*. 2008. n° 12, p. 15-32.
- BAUDRILLARD, Jean, NOUVEL, Jean, 2000. *Les objets singuliers. Architecture et philosophie*. Paris : Calmann-Lévy. 125 p. ISBN 2702130437.
- BERGÉ, Pierre, DUBOIS, Monique, 2002. *Chaos (Physique)*. Paris : Encyclopaedia Universalis.
- BIANCHERI, Alain, 1993. *Les arts plastiques au vingtième siècle*. Nice : Z' éditions. 235 p. ISBN 2877201112.
- BLAKE, Peter, 1958. « L'art difficile d'être simple ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1958. Vol. 79, p. 24-40.
- BOCCIONI, Umberto, 1975. *Dynamisme plastique : peinture et sculpture futuristes*. Lausanne : L'Age d'homme. 157 p.
- BOGNER, Dieter, 1996. « Une architecture corréaliste : Inside the Endless House ». In : BERET, Chantal, MUSÉE NATIONAL D'ART MODERNE - CENTRE DE CRÉATION INDUSTRIELLE, *Frederick Kiesler : Artiste-architecte*. Paris : Centre Georges Pompidou. p. 167-176.
- BOGNER, Dieter, 1999. « À l'intérieur de la Endless House ». In : *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*. 1999. Vol. 222, p. 100-105.
- BÖHME, Gernot, BORCH, ELIASSON, Olafur, et al., 2014. « Atmospheres, Art, Architecture ». In : BORCH, Christian, *Architectural atmospheres : on the experience and politics of architecture*. Basel : Birkhäuser. p. 90-107. ISBN 978-3-03821-512-7.
- BOISTE, Pierre-Claude-Victor, 1851. *Dictionnaire universel de la langue française avec le latin et l'étymologie*. 13ème édition. Paris : F. Didot frères. 756 p.
- BORDIER, Roger, 1964. « André Bloc : Recherche d'expressions architecturales ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1964. n° 115, p. 94-97.
- BOULET, J., GULBERT, D., KALDI, J., 1985. « Imre Makovecz : la métaphore et le projet organique ». In : *Techniques et architecture*. 1985. n° 360, p. 108-132.
- BOULIGAND, Yves, CASTELLENGO, Michèle, COHEN-TANNOUDJI, Gilles, et al., 1994. *Les sciences de la forme aujourd'hui*. Paris : Ed. du Seuil. 188 p. ISBN 2020226499.

- BOURGUIGNON, Jean Pierre, 2000. « L'idée de catastrophe ». In : *HORS-SÉRIE SCIENCES et AVENIR*. janvier 2000. Vol. 121, p. 46-51.
- BOUTARIC, Augustin, 1940. « Les phénomènes thixotropiques et leurs applications ». In : *Le Génie Civil : Revue générale hebdomadaire des industries françaises et étrangères*. 1940. Vol. CXVI, n° 16, p. 262-264.
- BOUTOT, Alain, 1993. *L'invention des formes : chaos, catastrophes, fractales, structures dissipatives, attracteurs étranges*. Paris : Odile Jacob. 376 p. ISBN 2738102018.
- BRANGÉ, Jean, 2001. « Quelques précisions terminologiques : Architectures virtuelles, numériques, liquides, etc. » In : *Les Cahiers de la recherche architecturale*. 2001. n° 7, p. 13-20.
- BRAYER, Marie-Ange, 1998. *Art & Architecture*. La Riche : CRDP Région Centre. 97 p. Coll. Fonds Régional d'Art Contemporain de la région Centre (FRAC Centre).
- BRAYER, Marie-Ange, 2013. « De la nature et de l'artifice. Affects et artefacts dans l'architecture naturalisée ». In : BRAYER, Marie-Ange, MIGAYROU, Frédéric, *Naturaliser l'architecture : ArchiLab*. Orléans : HYX. Coll. Collection du FRAC Centre. p. 14-37. ISBN 9782910385828.
- BRAYER, Marie-Ange, [s.d.]. « Architectures Expérimentales ». In : *Collection Art et Architecture*. Orléans, France : FRAC Centre.
- BRAYER, Marie-Ange, MIGAYROU, Frédéric, 2013. « Naturaliser l'architecture ». In : *Exposition ARCHILAB*. Orléans, France : FRAC Centre.
- BRAYER, Marie-Ange, MIGAYROU, Frédéric, RENCONTRES INTERNATIONALES D'ARCHITECTURE D'ORLÉANS (dir.), 2003. *Architectures expérimentales : 1950-2000*. Orléans : HYX. 568 p. Coll. Fonds Régional d'Art Contemporain de la région Centre (FRAC Centre). ISBN 2910385302.
- BRAYER, Marie-Ange, RAGON, Michel, MIGAYROU, Frédéric, et al., 2013. *Architectures expérimentales 1950-2012*. Orléans : HYX. 637 p. Coll. Fonds Régional d'Art Contemporain de la région Centre (FRAC Centre). ISBN 9782910385712.
- BUCI-GLUCKSMANN, Christine, 2003. *Esthétique de l'éphémère*. Paris : Galilée.
- BURRY, Jane, BURRY, Mark, 2010. *Mathématiques et architecture*. Arles : Actes Sud. 271 p. ISBN 9782742792863.
- BURRY, Mark, 2011. « Geometry working beyond effect ». In : *Architectural Design : Mathematics of space*. 2011. Vol. 81, n° 4, p. 80-89.
- CACHE, Bernard, 2005. « Géométries du "phantasma" ». In : *Les Cahiers de la recherche architecturale*. 2005. n° 17, p. 29-38.
- CARERI, Giovanni, CASTEX, Jean, COLVIN, Howard, et al., 2003. *Borromini en perspective*. Paris : Ecole Nationale Supérieure des Beaux-Arts; Musée du Louvre. 127 p. ISBN 2840561409.
- CARPO, Mario, 2003. « L'architecture à l'ère du pli ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 2003. Vol. 349, p. 98-131.
- CASTANET, Pierre-Albert, COUSINIE, Frédéric, FONTAINE, Philippe, 2013. *L'impressionnisme, les arts, la fluidité*. Mont-Saint-Aignan : Presses universitaires de Rouen et du Havre. 228 p. ISBN 9782877755566.

- CATTANT, Julie, MAHDALICKOVA, Eva, PARENT, Claude, 2013. *Claude Parent autrement*. Paris : Editions de l'Odéon. 154 p. ISBN 295202796X.
- CELESTE, Patrick, RAYNAUD, Michel, 1974. « Archigram : la production d'un discours ». In : *AMC. Architecture mouvement continuité*. 1974. n° 33, p. 60-66.
- CENTRE GEORGES POMPIDOU, 1996. *La Forme Libre années 50: expositions 22 mai - 26 août 1996 [communiqué de presse]* [en ligne]. Paris : Centre Georges Pompidou. 7 p. Disponible sur : <https://www.centrepompidou.fr/media/imgcoll/Collection/DOC/M5050/M5050_A/M5050_ARC_V001_DP-2008021.pdf> (consulté le 18 juin 2015).
- CHALK, Warren, 1994. « Gloop ». In : GUIHEUX, Alain, CENTRE NATIONAL D'ART ET DE CULTURE GEORGES POMPIDOU, *Archigram : exposition, Paris, Centre Georges Pompidou, 1994*. Paris : Centre Georges Pompidou. p. 13. ISBN 2858507864.
- CHANE-ALUNE, Julien, 2013. « La cathédrale d'ombre. Portée philosophique des interprétations de l'architecture gothique, depuis Goethe et Hugo ». In : *Philonsorbonne*. 2013. n° 7, p. 63-79.
- CHARPENTIER, Thomas-Victor, 1904. *Principes de la philosophie : première partie / Descartes ; publiée avec une préface et une table de Descartes, une introduction et des notes, par T.-V. Charpentier*. Paris : Hachette. 174 p.
- CHELKOFF, Grégoire, 2004. « Percevoir et concevoir l'architecture ». In : AMPHOUX, Pascal, THIBAUD, Jean-Paul, CHELKOFF, Grégoire, *Ambiances en débats*. Bernin : A la croisée. p. 55-69. ISBN 2912934087.
- CHESNEAU, Ernst, 1883. *La peinture française au XIXe siècle. Les chefs d'école. Louis David, Gros, Géricault, Decamps, Ingres, Eugène Delacroix*. Paris : Didier. 389 p.
- CHU, Karl, 2006. « Metaphysics of Genetic Architecture and Computation ». In : *Architectural Design : Programming cultures*. 2006. Vol. 76, n° 4, p. 38-45.
- CHUPIN, Jean-Pierre, 2010. *Analogie et théorie en architecture : de la vie, de la ville et de la conception, même*. Gollion : InFolio. 326 p. Coll. Projet&Théorie.
- CINQUALBRE, Olivier, GIARD, Noémie, VERNANT, Aurélien, et al., 2008. *Architecture-sculpture : exposition présentée au Musée de l'Hospice Saint-Roch d'Issoudun, du 10 octobre au 29 décembre 2008, réunissant une sélection de maquettes et des photographies de Véra Cardot et Pierre Joly*. Orléans : HYX. 111 p. Coll. Collection FRAC Centre et Centre Pompidou. ISBN 9782910385552.
- CLEMENCEAU, Georges, 1928. *Claude Monet : Les Nymphéas*. Paris : Librairie Plon. 124 p.
- COHEN, Jean-Louis, FONDATION LE CORBUSIER, 2011. *Manières de penser Ronchamp : hommage à Michel W. Kagan*. Paris : Ed. de la Villette. 111 p. ISBN 9782915456691.
- COLLETTI, Marjan, 2010. « Exuberance and digital virtuosity ». In : *Architectural Design : Exuberance. New Virtuosity in Contemporary Architecture*. 2010. Vol. 80, n° 2, p. 8-15.
- COLLINS, Peter, 2009. *Architecture moderne, principes et mutations (1750-1950)*. (1ère éd. 1965). Marseille : Ed. Parenthèses. 491 p. ISBN 9782863646502.
- COMBET, Eric, 2009. « L'art et la plasticité des genres ». In : *Genre & Histoire* [en ligne]. 2009. n° 5. Disponible sur : <<http://genrehistoire.revues.org/757>> (consulté le 27 mai 2015).
- CONRADS, Ulrich, 1991. *Programmes et manifestes de l'architecture du XXe siècle*. Éd. originale 1981. Paris : Les Éditions de la Villette. 237 p.

- CONRADS, Ulrich, SPERLICH, Hans G., 1960. *Architecture fantastique*. [s.l.] : Delpire. 175 p.
- COOK, Peter, 1994a. « Instant City, 1968 ». In : GUIHEUX, Alain, CENTRE NATIONAL D'ART ET DE CULTURE GEORGES POMPIDOU, *Archigram : exposition, Paris, Centre Georges Pompidou, 1994*. Paris : Centre Georges Pompidou. p. 141-145. ISBN 2858507864.
- COOK, Peter, 1994b. « Quelques remarques sur le syndrome Archigram ». In : GUIHEUX, Alain, CENTRE NATIONAL D'ART ET DE CULTURE GEORGES POMPIDOU, *Archigram : exposition, Paris, Centre Georges Pompidou, 1994*. Paris : Centre Georges Pompidou. p. 13. ISBN 2858507864.
- CORCUFF, Marie-Pascale, ECOLE D'ARCHITECTURE DE BRETAGNE, 1997. *Croissance organique et architecture*. Rennes : Ecole d'Architecture de Bretagne. 51-37 p.
- CORIN, Florence, 2000. « Introduction ». In : *Nouvelles de dance*. 2000. n° 42-43, p. 5-10.
- COSTE, Anne, 1997. *L'architecture gothique : Lectures et interprétations d'un modèle*. Saint-Etienne : Publications de l'Université de Saint-Etienne. 231 p. ISBN 2862721085.
- COSTE, Anne, 2008. « Quel sens en architecture pour le polysémique terme de modèle ? ». In : *Modèles, références et analogies dans les conduites à projet* [en ligne]. Grenoble : [s.n.]. p. 72-86. Disponible sur : < www.grenoble.archi.fr/pdf/etudes/Seminaire_doctoral_Espace_Matieres_Societe.pdf > (consulté le 4 février 2015).
- COUSIN, Christophe, BOUVIERS, Yves, 2005. *Ronchamp : une chapelle de lumière*. Besançon : CRDP de Franche-Comté, Néo Editions. 90 p. ISBN 2840931575.
- COUSINIE, Frédéric, 2013. « Esthétique des fluides : une introduction ». In : *L'impressionnisme, les arts, la fluidité*. Première édition. [s.l.] : Presses universitaires de Rouen et du Havre. p. 9-24.
- CROS, Susanna, GAUSA, Manuel, 2000. *The metapolis dictionary of advanced architecture : city, technology and society in the information age*. Barcelone : Actar. 688 p.
- CUNIN, Muriel, 2008. « "Like to a chaos" : l'ordre du chaos dans Richard III de William Shakespeare ». In : *Imaginaires : Ordre et chaos*. 2008. n° 12, p. 61-76.
- DAHAN DALMEDICO, Amy, 2011. « Mathematics and the Sensible World: Representing, Constructing, Simulating ». In : *Architectural Design : Mathematics of space*. 2011. Vol. 81, n° 4, p. 18-27.
- DALI, Salvador, VESELEY, Dalibor (annoté par), 1978. « Salvador Dali on Architecture ». In : *Architectural Design : Surrealism*. 1978. Vol. 48, n° 2-3, p. 138-142.
- DALRYMPLE HENDERSON, Linda, 1985. « Theo van Doesburg, la "quatrième dimension" et la théorie de la relativité, durant les années '20 ». In : *L'art et le temps : regards sur la quatrième dimension : [exposition, Bruxelles, 1984, Palais des beaux-arts, / organisé par la Société des expositions du Palais des beaux-arts de Bruxelles]*. Paris : A. Michel.
- DELANDA, Manuel, 2007. « Material Elegance ». In : *Architectural Design : Elegance*. 2007. Vol. 77, n° 1, p. 18-23.
- DELEUZE, Gilles, 1983. *Cinéma 1. L'image-mouvement*. Paris : Les Éditions de minuit. 298 p.
- DELEUZE, Gilles, 1988. *Le pli : Leibniz et le Baroque*. Paris : Les Éditions de minuit. 191 p. ISBN 2707311820.
- DE MONTAIGLON, Anatole, 1862. *Archives de l'art français : recueil de documents inédits relatifs à l'histoire des arts en France*. Vol. Tome 6. Paris : Imprimerie de Fillet Fils Ainé. 540 p.

- DIAZ ALONSO, Hernan, 2010. « Exuberance, I Don't Know; Excess, I Like ». In : *Architectural Design : Exuberance. New Virtuosity in Contemporary Architecture*. 2010. Vol. 80, n° 2, p. 70-77.
- DIDELON, Valéry, 2003. « Prodiges et vertiges de l'architecture numérique ». In : *D'A. D'Architectures*. 2003. n° 127, p. 10-11.
- DIDELON, Valéry, 2004. « Architectures non standard, une exposition au Centre Pompidou : standartisation ». In : *D'A. D'Architectures*. 2004. n° 134, p. 16.
- DIERICHS, Karola, MENGES, Achim, 2012. « Aggregate Structures: Material and Machine Computation of Designed Granular Substances ». In : *Architectural Design : Material Computation. Higher Integration in Morphogenetic Design*. 2012. Vol. 82, n° 2, p. 74-81.
- D'ORS, Eugenio, 1935. *Du Baroque*. Paris : Gallimard. 252 p.
- DROIT, Roger-Pol, 2008. *Une brève histoire de la philosophie*. Paris : Flammarion. 315 p. ISBN 9782081207721.
- DUBOIS, Claude-Gilbert, 1993. *Le Baroque : Profondeurs de l'apparence*. Talence : Presses Universitaires de Bordeaux. 237 p. ISBN 286781149X.
- DUMONT, Marie-Jeanne, 1993. « Zaha Hadid, poste de pompiers pour Vitra à Weil-am-Rhein ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1993. n° 288, p. 4-11.
- DVOYASHKIN, Muslim, 2007. « Introduction to „supercritical fluids“ ». In : [en ligne]. [s.l.]. Disponible sur : < uni-leipzig.de/~pore/files/3rd_irtg_workshop/dvoyashkin.pdf > (consulté le 11 décembre 2014).
- ECKE, Robert, 2005. « The Turbulence Problem : An Experimentalist's Perspective ». In : *Los Alamos Science*. 2005. n° 29, p. 124-141.
- EKELAND, Ivar, 1977. « La théorie des catastrophes ». In : *La recherche*. 1977. Vol. 8, n° 81, p. 745-754.
- EKELAND, Ivar, 1999. « Le chaos existe, nous pouvons le découvrir ». In : *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*. 1999. n° 222, p. 30-35.
- EPSTEIN, Jean, 1974. *Écrits sur le cinéma : 1921-1953*. Vol. 1 : 1921-1947. Paris : Seghers. 434 p.
- EPSTEIN, Jean, 1975. *Écrits sur le cinéma : 1921-1953*. Vol. 2 : 1946-1953. Paris : Seghers. 351 p.
- FAUCON, Térésa, 2013. *Théorie du montage: énergie, forces et fluides*. Paris : Armand Colin/ Recherches. 239 p. ISBN 9782200287221.
- FIÉRENS-GEVAERT, 1901. « George Minne ». In : *Art et Décoration*. Juillet-Décembre 1901. n° Tome X, p. 108-112.
- FIVAZ, Roland, 1989. *L'ordre et la volupté : Essai sur la dynamique esthétique dans les arts et dans les sciences*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. 167 p. ISBN 2880741629.
- FLAIS, Michel, 2008. *La Partie et le Tout : L'architecture organique et le développement durable dans l'oeuvre de Claude Petton*. Saint-Thonan : Cloître Imprimeurs. 95 p. ISBN 9782746603417.
- FLEURY, Vincent, 2006. *De l'oeuf à l'éternité : le sens de l'évolution*. Paris : Flammarion. 273 p.
- FOCILLON, Henri, 1927. « Auguste Brouet ». In : DAYOT, Armand (dir.), *L'Art et les artistes*. 1928 1927. Vol. 15-16, n° 80-84, p. 81-88.

- FRAMPTON, Kenneth, 1982. « Neoplasticism and Architecture: Formation and Transformation ». In : FRIEDMAN, Mildred (dir.), *De Stijl : 1917-1931 Visions of Utopia*. Oxford : Phaidon. p. 99-124. ISBN 0714822507.
- FRAMPTON, Kenneth, 2005. « La tectonique revisitée ». In : CHUPIN, Jean-Pierre, SIMONNET, Cyrille, *Le projet tectonique*. Gollion : Infolio éditions. Coll. Archigraphy les Grands Ateliers. p. 15-24.
- FRAMPTON, Kenneth, 2006. *L'Architecture moderne : Une histoire critique*. (1ère éd. 1980). Paris : Thames and Hudson. 399 p. ISBN 9782878112627.
- FRIEDMAN, Mildred (dir.), 1982. « The Rietveld/Schröder House ». In : FRIEDMAN, Mildred (dir.), *De Stijl : 1917-1931 Visions of Utopia*. Oxford : Phaidon. p. 136-146. ISBN 0714822507.
- GADAMER, Hans-Georg, 2007. *The Gadamer Reader: A Bouquet of the Later Writings*. Evanston, Illinois : Northwestern University Press. 479 p. ISBN 9780810119871.
- GARGIANI, Roberto, 2008. « La maison de campagne en briques de Mies van der Rohe : "Transfiguration esthétique" de l'espace de l'habitation bourgeoise ». In : *Matières*. 2008. n° 9, p. 18-30.
- GAUDIN, Henri, 1984. *La cabane et le labyrinthe*. Liège : Pierre Mardaga. 233 p.
- GEHRY, Frank, 2008. « Architecture & Process ». In : BETSKY, Aaron, *Out There. Architecture Beyond Building*. New York : Rizzoli. p. 48-51. ISBN 978883179447.
- GIEDION, Siegfried, 1990. *Espace, Temps, Architecture*. (1ère éd. 1968). Paris : Danoël. 534 p. ISBN 2207237524.
- GIGANDET, Alain, 2001. *Lucrèce. Atomes, mouvement. Physique et éthique*. Paris : Presses Universitaires de France. 127 p. ISBN 2130518613.
- GILLET, Louis, 1927. *Trois variations sur Claude Monet*. Paris : Librairie Plon. 114 p.
- GILSOUL, Nicolas, 2010. « L'architecture émotionnelle, cadrage conceptuel ». In : ARDENNE, Paul, POLLA, Barbara, *Architecture émotionnelle. Matière à penser*. Lormont : Ed. Le Bord de l'Eau. p. 37-73. ISBN 9782356870926.
- GLEICK, James, 1987. *Chaos : Making a New Science*. New York : Viking Penguin. 352 p. ISBN 0670811785.
- GOLDBLATT, David, 2007. « Lightness and Fluidity : Remarks Concerning the Aesthetics of Elegance ». In : *Architectural Design : Elegance*. 2007. Vol. 77, n° 1, p. 10-17.
- GRATALOUP, Daniel, 1986. *Pour une nouvelle architecture : espace, temps, volume, dynamique : architecture, sculpture, architecture modulaire*. Paris, Lausanne : Bibliothèque des Arts. 145 p. ISBN 2850470724.
- GROBMAN, Yasha J., NEUMAN, Eran (dir.), 2012. *Performatism : form and performance in digital architecture*. London, New York : Routledge.
- GUILBERT, Louis, LAGANE, René, NIOBEY, Georges (dir.), 1973. *Grand Larousse de la langue française: en six volumes*. Vol. 3ème ES-INC. Paris : Librairie Larousse. 890 p.
- GUIMARD, Hector, BING, Samuel, 1980. « Contemporary definitions of Art Nouveau ». In : *Architectural Design : New Free Style - Arts&Crafts, Art Nouveau, Secession*. 1980. Vol. 50, n° 1/2, p. 6-7.
- GUIZOT, François, 1848. *Nouveau dictionnaire universel des synonymes de la langue française*. Vol. 2ème I-Z. Quatrième édition. Paris : A. Payen. 500 p.

- GUYON, Etienne, HULIN, Jean-Pierre, PETIT, Luc, 2005. *Ce que disent les fluides. La science des écoulements en images*. Paris : Editions Belin; Pour la science. 159 p. Coll. Bibliothèque scientifique.
- HADID, Zaha, SCHUMACHER, Patrik, 2008. « Parametricist Manifesto ». In : BETSKY, Aaron, *Out There. Architecture Beyond Building*. New York : Rizzoli. p. 60-63. ISBN 978883179447.
- HAGEN HODGSON, Petra, 2002. « Architecture et bionique ». In : *Archithese*. 2002. n° 2, p. 54-55.
- HAMMACHER, Abraham-Marie, 1967. *Le monde de Henry van de Velde*. Anvers, Paris : Ed. Fonds Mercator, Hachette. 353 p.
- HARA, Hiroshi, 1966. « Théorie de l'espace organique "foramen" ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1966. n° 128, p. LXIII-LXV.
- HAUMONT, Bernard, 2005. « La fiction théorique : un oxymore méthodologique? ». In : *Cahiers thématiques : architecture, histoire, conception*. 2005. n° 5, p. 34-49.
- HAVARD, Henry, 1900. « Le métal : l'or ». In : COMTE, Jules (dir.), *La revue de l'art ancien et moderne*. 1900. n° 34, p. 441-452.
- HENDRIX, John Shannon, 2013. *La splendeur de l'architecture gothique anglaise*. New York : Parkstone Press International. 256 p. ISBN 9781781603116.
- HENSEL, Michael, MENGES, Achim, 2008. « Aggregates ». In : *Architectural Design : Versatility and Vicissitude. Performance in Morpho-Ecological Design*. 2008. Vol. 78, n° 2, p. 80-87.
- HILDEBRANDT, Stefan, TROMBA, Anthony, 1991. *Mathématiques et formes optimales : l'explication des structures naturelles*. tirage 1991 (1ere éd. 1986). Paris : Pour la science : Belin. 180 p. ISBN 2902918496.
- HOFSTADTER, Douglas R., 1999. « Boucles : Hiérarchies brouillonnes ». In : *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*. 1999. n° 222, p. 62-65.
- HOMBERG, Octave, 1904. « Éphraïm Mikhaël ». In : *Bulletin de la société du livre d'art*. 1904. n° 1, p. 21-25.
- HUGUET, Edmond, 1950. *Dictionnaire de la langue française du seizième siècle*. Vol. 4. Paris : Didier. 800 p.
- IOAN, Augustin, 2002. *Sacred Space*. Etna, California : Center for Traditionalist Orthodox Studies. 138 p. ISBN 9780911165524.
- ITO, Toyo, 2011. *Tarzans in the media forest*. London : Architectural Association. 187 p. Coll. Architecture Words.
- JENCKS, Charles, 1990. « The New Moderns ». In : *Architectural Design : New Architecture*. 1990. n° 3, p. 6-18.
- JENSEN, Pablo, 2001. *Entrer en matière. : les atomes expliquent-ils le monde ?* Paris : Ed. du Seuil. 257 p.
- JOEDICKE, Jürgen, 1971. « De la genèse du fonctionnalisme ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1971. n° 158, p. 18-27.
- JOLY, Pierre, 1964. « Architectures de sculpteurs ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1964. n° 115, p. 98-104.
- KIESLER, Frédérick, 1996. « L'Architecture comme biotechnique ». In : BERET, Chantal, MUSÉE NATIONAL D'ART MODERNE - CENTRE DE CRÉATION INDUSTRIELLE, *Frederick Kiesler : Artiste-architecte*. Paris : Centre Georges Pompidou. p. 80-90.

- KUMA, Kengo, 2011. « Air and water in architecture ». In : *L'Arca International*. 2011. n° 98, p. 2-33.
- KUROKAWA, Noriaki, 1968. « Deux systèmes de métabolisme ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1968. n° 139, p. 17-21.
- LABEDADE, Nadine, [s.d.]. « Fresh H2O, Pavillon de l'Eau douce, Waterland Neeltje Jans, Zeeland, 1994 ». In : *frac-centre.fr* [en ligne]. Disponible sur : < <http://www.frac-centre.fr/collection/collection-art-architecture/index-des-auteurs/auteurs/projets-64.html?authID=133&ensembleID=344> > (consulté le 18 novembre 2014).
- LACLOTTE, Michel, CUZIN, Jean-Pierre, 2003. *Dictionnaire de la peinture*. Nouv. éd. Paris : Larousse. 1134 p.
- LAFAYE, Benjamin, 1884. *Dictionnaire des synonymes de la langue française : avec une introduction sur la théorie des synonymes*. Vol. 1. 5ème édition. Paris : Hachette. 1106 p.
- LATHAM, Ian, 1980. « August Endell, Buntess Theater ». In : *Architectural Design : New Free Style - Arts&Crafts, Art Nouveau, Secession*. 1980. Vol. 50, n° 1/2, p. 54-55.
- LATOURE, Lucia, 2000. « Chorégrapheur l'inconnu ». In : *Nouvelles de danse*. 2000. Vol. 42-43, p. 192-197.
- LAURENT, Stéphane, 2000. « Streamline et architecture ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 2000. n° 330, p. 98-105.
- LÉGER, Liliane, 2013. « Préface ». In : *La mesure en rhéologie : Des avancées récentes aux perspectives*. Courtaboeuf : EDP Sciences. p. 384.
- LE MOAL, Philippe, 1999. *Dictionnaire de la danse*. Paris : Larousse. 830 p.
- LEMONIER, Aurélien, MIGAYROU, Frédéric, CENTRE NATIONAL D'ART ET DE CULTURE GEORGES POMPIDOU, 2014. *Frank Gehry : ouvrage publié à l'occasion de l'exposition présentée au Centre Pompidou, Musée national d'art moderne, Paris, Galerie Sud, du 8 octobre 2014 au 26 janvier 2015*. Paris : Centre Pompidou. 255 p. ISBN 9782844266835.
- LESNE, Annick, 2013. « Vers une architecture organique ». In : BRAYER, Marie-Ange, MIGAYROU, Frédéric, *Naturaliser l'architecture : ArchiLab*. Orléans : HYX. Coll. Collection du FRAC Centre. p. 188-197. ISBN 9782910385828.
- LEVRAT, Frederic, 1992. « Peter Eisenman ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1992. n° 279, p. 116-129.
- LISTA, Giovanni, 2015. *Le futurisme : Textes et manifestes 1909-1944*. Seyssel : Champ Vallon. 2208 p. Coll. Les classiques. ISBN 9791026700104.
- LIVENEAU, Philippe, 2004. « Le travail de l'esquisse : Points d'inflexion en situation de projet ». In : AMPHOUX, Pascal, THIBAUD, Jean-Paul, CHELKOFF, Grégoire, *Ambiances en débats*. Bernin : A la croisée. p. 70-81. ISBN 2912934087.
- LOVITO, Giuseppe, 2013. « Le mythe du labyrinthe revisité par Eco théoricien et romancier à des fins cognitives et métaphoriques ». In : *Cahiers d'études romanes*. mis en ligne le juin 2014 2013. n° 27, p. 345-357.
- LUCAN, Jacques, 2009. *Composition, non-composition : Architecture et théories, XIXe - XXe siècles*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. 607 p. ISBN 9782880747893.
- LYNN, Greg, 1993. « Multiplicitous and in-organic bodies ». In : *Architectural Design : Folding in architecture*. 1993. Vol. 63, n° 11/12, p. 30-37.

- LYNN, Greg, 2011. *Animate form*. 2ème éd. (1er éd.1999). New York : Princeton Architectural Press. 203 p.
- MAFFEI, Andrea, 2002. *Toyo Ito : Works Projects Writing*. [s.l.] : Phaidon Press. 364 p. Coll. Electa Architecture.
- MAKOVECZ, Imre, 1993. « Antropomorphic architecture : The Borderline between Heaven and Earth ». In : *Architectural Design : Organic Architecture*. 1993. Vol. 63, n° 11/12, p. 14-19.
- MANDELBROT, Benoît, 1995. *Les objets fractals : forme, hasard et dimension*. 4ème éd. (1ère éd.1975). Paris : Flammarion. 212 p. ISBN 9782081246171.
- MARIN, Thierry, 2012. *Le principe de floraison : Manières végétales de faire des mondes*. Paris : Max Milo Editions. 415 p. ISBN 9782315003105.
- MASSUMI, Brian, 1998. « Sensing the virtual, building the insensible ». In : *Architectural Design : Hypersurface Architecture*. 1998. Vol. 68, n° 5-6, p. 16-24.
- MATEI, Adriana, 1994. *Teorii și doctrine arhitecturale contemporane : Curs. Partea 1-a [Théories et doctrines architecturales contemporaines : Cours]*. Cluj-Napoca : Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca. 114 p.
- MATEI, Adriana, 2011. « Préface ». In : MARIAN, Daniela Georgeta, *Semantica ornamentului 1900 in arhitectura din Crisana si Banat*. Bucharest : Matrixrom. p. 1-8. ISBN 9789737556882.
- MEISS, Pierre von, 2012. *De la forme au lieu + de la tectonique: une introduction à l'étude de l'architecture*. 3ème (1ère éd. 1986). Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. 383 p.
- MENGES, Achim, 2006. « Polymorphism ». In : *Architectural Design : Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*. 2006. Vol. 76, n° 2, p. 78-87.
- MENNAN, Zeynep, 2003. « Des formes non standard : un « Gestalt Switch » ». In : *Architectures non standard : exposition présentée au Centre Pompidou 10 décembre 2003-1er mars 2004*. Paris : Éditions Centre Pompidou. p. 34-41.
- MIGAYROU, Frédéric, 1996. « Bloc, Parent, une architecture critique ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1996. n° 306, p. 4-11.
- MIGAYROU, Frédéric, 1998. « Désorientation et fluidité : La vague et le tourbillon ». In : *D'A. D'Architectures*. 1998. n° 81, p. 34-35.
- MIGAYROU, Frédéric, MENNAN, Zeynep, 2003. *Architectures non standard : Exposition présentée au Centre Pompidou, Galerie Sud 10décembre 2003 - 1er mars 2004*. Paris : Centre Pompidou. 223 p.
- MILLER, Ross, LEDGERWOOD, Angela, 1990. « New Again: Frank Gehry ». In : *Interview Magazine* [en ligne]. 1990. Disponible sur : < interviewmagazine.com/art/new-again-frank-gehry/#_ >
- MOISSET DE ESPANÉS, Inés, 1999. « Complexité, fractales, architecture ». In : *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*. 1999. Vol. 222, p. 132-135.
- MORO, Ahmed, 2009. *La méthodologie et les méthodes en sciences humaines et sociales : l'ordre, le désordre, le chaos*. Paris : L'Harmattan. 231 p. ISBN 9782296106079.
- MULLER, Elisabeth, 2008. « Reshaping CHAOS: Platoni Elements in Yeats's A Vision and later poetry ». In : *Imaginaires : Ordre et chaos*. 2008. n° 12, p. 269-288.

- NEDER, Federico, 2004. « Danse industrielle : à propos de la maison aérodynamique de R. Buckminster Fuller ». In : *Matières*. 2004. n° 7, p. 120-128.
- NORBERG-SCHULZ, Christian, 1974. *Système logique de l'architecture*. Bruxelles : Dessart et Mardaga. 350 p. ISBN 2870090528.
- NORBERG-SCHULZ, Christian, 1977. *La signification dans l'architecture occidentale*. 6ème. Bruxelles : Pierre Mardaga. 447 p. ISBN 2870090773.
- NORBERG-SCHULZ, Christian, 1991. *La signification dans l'architecture occidentale*. 6ème. Liège : Pierre Mardaga. 447 p. ISBN 2870090773.
- NOVAK, Marcos, 1992. « Liquid Architecture in Cyberspace ». In : *Cyberspace : First Steps*. [s.l.] : MIT Press. p. 225-255.
- NOVAK, Marcos, 1998. « Transarchitectures and Hypersurfaces : Operations of Transmodernity ». In : *Architectural Design : Hypersurface Architecture*. 1998. n° 5-6, p. 84-93.
- ODENTHAL, Johannes, 2000. « L'espace dansé ». In : *Nouvelles de danse*. 2000. Vol. 42-43, p. 11-25.
- O'REILLY, Una-May, HEMBERG, Martin, MENGES, 2004. « Evolutionary Computation and Artificial Life in Architecture : Exploring the Potential of Generative and Genetic Algorithms as Operative Design Tools ». In : *Architectural Design : Emergence : Morphogenetic Design Strategies*. 2004. Vol. 74, n° 3, p. 48-53.
- O'SULLIVAN, Simon, 2001. « The Aesthetics of Affect: Thinking art beyond representation ». In : *Angelaki: Journal of the Theoretical Humanities*,. 2001. Vol. 6, n° 3, p. 125-136.
- OTTO, Frei, 1985. *Architecture et bionique : constructions naturelles*. Denges : Delta et Spes. 152 p.
- OXMAN, Neri, 2011. « Proto-Design : Architecture's Primordial Soup and the Quest for Units of Synthetic Life ». In : *Architectural Design : Protocell Architecture*. 2011. Vol. 81, n° 2, p. 100-105.
- OXMAN, Neri, 2012. « Programming Matter ». In : *Architectural Design : Material Computation. Higher Integration in Morphogenetic Design*. 2012. Vol. 82, n° 2, p. 88-95.
- OXMAN, Rivka, 2013. « Naturaliser la conception architecturale : À la recherche d'une matérialité tectonique ». In : BRAYER, Marie-Ange, MIGAYROU, Frédéric, *Naturaliser l'architecture : ArchiLab*. Orléans : HYX. Coll. Collection du FRAC Centre. p. 106-121. ISBN 9782910385828.
- PADET, Jacques, [s.d.]. *Fluides en écoulement : Méthodes et modèles* [en ligne]. 2e. [s.l.] : [s.n.]. 190 p. Disponible sur : < <http://gsite.univ-provence.fr/gsite/Local/sft/dir/user-3775/documents/tout-en-un.pdf> > (consulté le 19 mars 2014).
- PADOVAN, Richard, 1981. « The pavillion and the court : Cultural and Spatial problems of De Stijl Architecture. » In : *Architectural Review*. 1981. n° 1081, p. 359-368.
- PALLASMAA, Juhani, 2012. *The eyes of the skin : architecture and the senses*. New York : John Wiley & Sons. 128 p. ISBN 9781119941286.
- PALLASMAA, Juhani, 2014. « Space, Place, and Atmosphere: Peripheral Perception in Existential Experience ». In : BORCH, Christian, *Architectural atmospheres : on the experience and politics of architecture*. Basel : Birkhäuser. p. 18-41. ISBN 9783038215127.
- PASSEK, Jean-Loup, CIMENT, Michel, CLUNY, Claude-Michel, et al., 2001. *Dictionnaire du cinéma*. Nouv. éd. Paris : Larousse. 865-CXXVIII p.

- PAULY, Danièle, 1980. *Ronchamp : lecture d'une architecture*. Paris : Ophrys. 168 p. ISBN 2708004816.
- PEHNT, Wolfgang, 1998. *Architecture expressionniste*. Paris : Hazan. 366 p. ISBN 2850256056.
- PEITGEN, Heinz-Otto, JÜRGENS, Hartmut, SAUPE, Dietmar, 2004. *Chaos and Fractals : New Frontiers of Science*. 2ème éd. (1ère éd. 1992). New York : Springer. 864 p. ISBN 0387218238.
- PÉLISSIER, Alain, 1988. « Jacques Derrida. La déconstruction : un projet? ». In : *Techniques et architecture*. 1988. n° 380, p. 52-57.
- PERRELLA, Stephen, 1998a. « Bernard Cache/Objectile. Topological Architecture and the Ambiguous Sign ». In : *Architectural Design : Hypersurface Architecture*. 1998. Vol. 68, n° 5-6, p. 66-69.
- PERRELLA, Stephen, 1998b. « Hypersurface theory : Architecture >< Culture ». In : *Architectural Design : Hypersurface Architecture*. 1998. Vol. 68, n° 5-6, p. 6-15.
- PHILIPPOT-RENIERS, Annie, 1985. « L'architecture et les problèmes de l'espace-temps depuis le futurisme ». In : *L'art et le temps : regards sur la quatrième dimension : [exposition, Bruxelles, 1984, Palais des beaux-arts, / organisé par la Société des expositions du Palais des beaux-arts de Bruxelles]*. Paris : A. Michel. p. 207-213. ISBN 2226022112.
- PICON, Antoine, 2010. *Culture numérique et architecture*. Basel : Birkhäuser.
- PICON, Antoine, 2011. « Architecture and Mathematics: Between Hubris and Restraint ». In : *Architectural Design : Mathematics of space*. 2011. Vol. 81, n° 4, p. 28-35.
- POLETTI, Federico, 2006. *L'art au vingtième siècle. : I. les avant-gardes*. Paris : Hazan. 383 p. ISBN 2 7541 0103 9.
- POLONY, Sylvain, 1999. « Architectures organiques ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1999. n° 322, p. 102-105.
- POPA, Roman, 2003. *Rheoarchitecture : Non-orientable formative configuration*. 2ème éd. (1ère éd. 1991). Bucarest : INVEL-Multimedia. 217 p. ISBN 9738601592.
- POPESCU-PAMPU, Patrick, 2009. « Variétés ». In : *Images des Maths* [en ligne]. 6 novembre 2009. Disponible sur : < <http://images.math.cnrs.fr/Varietes.html> > (consulté le 25 janvier 2015).
- POTIÉ, Philippe, 2001. *Le Corbusier : le Couvent Sainte Marie de La Tourette = the Monastery of Sainte Marie de La Tourette*. Paris ; Basel ; Boston ; Berlin : Fondation Le Corbusier ; Birkhäuser. ISBN 3764362987.
- POTIÉ, Philippe, SIMONNET, Cyrille, 1992. « Construction / Culture ». In : *Les Cahiers de la recherche architecturale*. 1992. n° 29, p. 9-14.
- POUSSE, Jean-François, 1991. « De l'Expressionnisme ». In : *Techniques et architecture*. 1991. n° 394, p. 31-115.
- PUTZ, Dominique, 2013. *La figure architecturale, le projet comme dispositif*. Grenoble : Université de Grenoble. 176 p.
- RAGON, Michel, 1963. *Où vivrons-nous demain?* Paris : Robert Laffont. 213 p.
- RAHIM, Ali, 2006. *Catalytic Formations: Architecture and Digital Design*. London ; New York : Taylor & Francis. ISBN 0415390877.

- RAHIM, Ali, JAMELLE, Hina, 2007a. « Elegance in the Age of Digital Technique ». In : *Architectural Design : Elegance*. 2007. Vol. 77, n° 1, p. 6-9.
- RAHIM, Ali, JAMELLE, Hina, 2007b. « Surface Continuity: An Elegant Integration ». In : *Architectural Design : Elegance*. 2007. Vol. 77, n° 1, p. 38-43.
- RASHID, Hani, 2007. « Performing Elegance ». In : *Architectural Design : Elegance*. 2007. Vol. 77, n° 1, p. 76-81.
- REISNER, Yaël, 2010. « Diving into the Depth-Scape: Exuberance and Personalities ». In : *Architectural Design : Exuberance. New Virtuosity in Contemporary Architecture*. 2010. Vol. 80, n° 2, p. 33-39.
- RENÉ-JEAN, 1936. « La peinture au salon d'automne ». In : *Le Temps*. Paris, 10 octobre 1936. p. 4.
- REY, Alain, 2001a. *Le grand Robert de la langue française. : 2^{ème} édition du dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française de Paul Robert*. Vol. 3. 2^{ème} édition. Paris : Le Robert. 2230 p.
- REY, Alain, 2001b. *Le grand Robert de la langue française. : 2^{ème} édition du dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française de Paul Robert*. Vol. 2. 2^{ème} édition. Paris : Le Robert. 2230 p.
- REY, Alain, 2001c. *Le grand Robert de la langue française. : 2^{ème} édition du dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française de Paul Robert*. Vol. 6. 2^{ème} édition. Paris : Le Robert. 2034 p.
- RICCI, Leonardo, 1964. « Projet de village pour une nouvelle communauté, Riesi, Sicile ». In : *L'Architecture d'aujourd'hui*. 1964. n° 115, p. 84-89.
- RICHIR, Marc, 1996. *L'expérience du penser : phénoménologie, philosophie, mythologie*. Grenoble : Jérôme Million. 473 p. ISBN 2841370445.
- ROE, Jeremy, 2009. *Antoni Gaudi*. New York : Parkstone Press. 207 p. Coll. Temporis. ISBN 9781844846351.
- ROUSSEL, Marion, 2012. « Architecture liquide et cyberspace : De William Gibson à la virtualité éversée. Partie II ». In : *DNArchi* [en ligne]. 30 mai 2012. Disponible sur : dnarchi.fr/culture/architecture-liquide-et-cyberspace-de-william-gibson-a-la-virtualite-eversee-partie-ii > (consulté le 1 décembre 2015).
- ROWE, Colin, SLUTZKY, Robert, 1992. *Transparence : réelle et virtuelle*. 1^{ère} éd. française (1^{ère} éd. 1968). Paris : Demi-Cercle. 139 p. Coll. Droits de regards.
- SALEM, Jean, 1997. *L'atomisme antique. Démocrite, Épicure, Lucrèce*. Paris : Librairie Générale Française. 255 p. ISBN 225390452X.
- SAUVY, Jean, SAUVY, Simonne, 1972. *L'enfant à la découverte de l'espace. De la marelle aux labyrinthes : initiation à la topologie intuitive*. Tournai (Belgique) : Casterman. 129 p. Coll. E 3, 22.
- SCHATTSCHEIDER, Doris, 2010. « The Mathematical Side of M. C. Escher ». In : *Notices of the AMS*. 2010. Vol. 57, n° 6, p. 706-718.
- SCHEERBART, Paul, PAYOT, Daniel, 1995. *L'architecture de verre ; précédé de : La société « barbare » de Paul Scheerbart par Daniel Payot*. 1^{ère} éd. 1914. Strasbourg : Circé. 147 p. ISBN 290802487X.
- SCHUMACHER, Patrik, 2007. « Arguing for Elegance ». In : *Architectural Design : Elegance*. 2007. Vol. 77, n° 1, p. 28-37.
- SCHUMACHER, Patrik, 2012. *The Autopoiesis of Architecture, Volume II: A New Agenda for Architecture*. Chichester : John Wiley & Sons. 774 p. ISBN 9780470666166.

- SERULLAZ, Maurice, 1963. *Le Cubisme*. Paris : PUF. 126 p.
- SHARP, Dennis, 1966. *Modern architecture and expressionism*. London : Longmans. 204 p.
- SILVESTRI, Chiara, 2009. *PERCEPTION ET CONCEPTION EN ARCHITECTURE NON-STANDARD : Une approche expérimentale pour l'étude des processus de conception spatiale des formes complexes*. Montpellier : Université Montpellier II : Sciences et Techniques du Languedoc. 200 p.
- SIMOND, Clotilde, PAVIOL, Sophie, 2009. *Cinéma et architecture : la relève de l'art*. Lyon : Aléas. 283 p. ISBN 9782843012549.
- SIMONDON, Gilbert, 1964. *L'individu et sa genèse physico-biologique : l'individuation à la lumière des notions de forme et d'information*. Paris : Presses Universitaires de France. 304 p.
- SIMONNET, Cyrille, 2014. *Brève histoire de l'air*. Versailles : Quæ. 232 p.
- SONZOGNI, Valentina, 2003a. « Casa Saldarini, Baratti, Italie, Vittorio Giorgini architecte ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 2003. n° 349, p. 64-67.
- SONZOGNI, Valentina, 2003b. « Frederick Kiesler et la maison sans fin ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 2003. Vol. 349, p. 58-63.
- SOREL, Reynal, 2006. *Chaos et éternité. Mythologie et philosophie grecques de l'Origine*. Paris : Les Belles Lettres. 188 p. ISBN 2251324399.
- SOWA, Axel, 2003. « Éditorial ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 2003. n° 349, p. 46-47.
- SPILLER, Neil, 2008. *Cybrid (s) : Architectures virtuelles*. Marseille : Paranthèse. 399 p.
- SPUYBROEK, Lars, 1998. « Motor Geometry ». In : *Architectural Design : Hypersurface Architecture*. 1998. n° 5-6, p. 48-55.
- STRANO, Carmelo, 1997. « Déconstruction, chaos, nouveau classicisme ». In : *L'Arca International*. 1997. n° 11, p. 84-88.
- SURGERS, Anne, 2007. *Et que dit ce silence? : la rhétorique du visible*. Paris : Presses Sorbonne nouvelle. 372 p. ISBN 9782878543896.
- TAFURI, Manfredo, DAL CO, Francesco, 1991. *Architecture contemporaine*. 1ère éd. 1978. Paris : Gallimard Electa. 426 p. Coll. Histoire de l'architecture.
- THE EMERGENCE AND DESIGN GROUP, 2004a. « Emergence in Architecture ». In : *Architectural Design : Emergence : Morphogenetic Design Strategies*. 2004. Vol. 74, n° 3, p. 6-9.
- THE EMERGENCE AND DESIGN GROUP, 2004b. « Fit Fabric Versatility Through Redundancy and Differentiation ». In : *Architectural Design : Emergence : Morphogenetic Design Strategies*. 2004. Vol. 74, n° 3, p. 40-47.
- THÉVENIN, Leon, 1904. « L'esthétique de Gervais ». In : *Bulletin de la société du livre d'art*. 1904. n° 1, p. 37-45.
- THIBAUD, Jean-Paul, 2004. « Une approche pragmatique des ambiances urbaines ». In : AMPHOUX, Pascal, THIBAUD, Jean-Paul, CHELKOFF, Grégoire, *Ambiances en débats*. Bernin : A la croisée. p. 145-161. ISBN 2912934087.

- THIBAUT, Estelle, 2005. « L'analogie visuelle comme procédé de la théorie, de Humbert de Superville à Umbdenstock ». In : *Cahiers thématiques : architecture, histoire, conception*. 2005. n° 5, p. 296-308.
- THIÉBAUT- SISSON, François, 1926. « Le salon des artistes français et de la Société nationale des beaux-arts : physiologie générale ». In : *Le Temps*. Paris, avril 1926. p. 3-4.
- THOUVENEL, Éric, 2013. « Cinéma et « logique du fluide » ». In : *L'impressionnisme, les arts, la fluidité*. Première édition. [s.l.] : Presses universitaires de Rouen et du Havre. p. 77-86.
- TRACHTENBERG, Marvin, 2002. « Qu'est-ce que "le gothique" ? » In : *Les Cahiers de la recherche architecturale*. 2002. n° 9/10, p. 41-52.
- TRÉMOLIÈRES, Bénédicte, 2013. « Quelques observations sur la fluidité dans la peinture de Claude Monet ». In : *L'impressionnisme, les arts, la fluidité*. Première édition. [s.l.] : Presses universitaires de Rouen et du Havre. p. 37-44.
- VAGO, Pierre, 1971. « Chronologie, La Charte d'Athènes ; Pour l'art moderne, cadre de la vie contemporaine. ; L'autorité devant les tâches contemporaines ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1971. n° 158, p. 68-107.
- VAN DE VELDE, Henry, 1978. *Formules de la beauté architectonique moderne*. (1ère éd. en 1916 et 1917 à Weimar). Bruxelles : AAM (Archives d'Architecture Moderne). 91 p.
- VENTURI, Robert, 1992. *Complexity and Contradiction in Architecture*. 2ème éd (1ère éd. 1966). New York : The Museum of Modern Art. 136 p. ISBN 0870702823.
- VERMANDEL, Frank, 2005. « Introduction ». In : *Cahiers thématiques : architecture, histoire, conception*. 2005. n° 5, p. 7-17.
- VERMEIL, Jean, 1994. « Zaha Hadid ». In : *D'A. D'Architectures*. 1994. n° 42, p. 58-59.
- VÉRON, Eugène, 1878. *L'esthétique*. Paris : C. Reinwald. 479 p.
- VINCENT, Julian, 2009. « Biomimetic Patterns in Architectural Design ». In : *Architectural Design : Patterns of Architecture*. 2009. Vol. 79, n° 6, p. 74-81.
- VITTA, Maurizio, 2004. « Formes essentielles : Fluid design ». In : *L'Arca International*. 2004. n° 61, p. 72-75.
- VITTA, Maurizio, 2006. « Agora : Vittorio Giorgini ». In : *L'Arca International*. 2006. n° 70, p. 34-41.
- WARNCKE, Carsten-Peter, 1991. *L'Idéal en tant qu'art : De Stijl 1917-1931*. Cologne : B. Taschen. 216 p. ISBN 3822805203.
- WEINAND, Yves, 2006. « Des géométries complexes entre l'ingénieur et l'architecte ». In : *Matières*. 2006. n° 8, p. 12-19.
- WEINSTOCK, Michael, 2004. « Morphogenesis and the Mathematics of Emergence ». In : *Architectural Design : Emergence : Morphogenetic Design Strategies*. 2004. Vol. 74, n° 3, p. 10-17.
- WÖLFFLIN, Heinrich, 1997. *Renaissance et baroque*. (1ère éd. 1888). Paris : G. Monfort. 169 p. ISBN 2852265370.
- WRIGHT, Frank Lloyd, 2003. *L'avenir de l'architecture*. (1ère éd. 1953). Paris : Editions du Linteau. 363 p. ISBN 2910342174.

- WRIGHT, Frank Lloyd, 2005. *Testament*. 4ème éd. (1ère éd. 1957). Marseille : Ed. Parenthèses. 219 p. ISBN 286364629X.
- ZEVI, Bruno, 1981. *Le langage moderne de l'architecture*. Paris : Dunod. 205 p. Coll. Espace & architecture. ISBN 2040111875.
- ZEVI, Bruno, 2002. *Organique (Architecture)*. Encyclopaedia Universalis. Paris : [s.n.]. ISBN 2852295504.
- ZIMMERMAN, Claire, 2006. *Mies van der Rohe : 1886-1969, la structure de l'espace*. Paris : Taschen. 96 p. ISBN 9783822836422.
- ZIPPER, Jean-Philippe, BEKAS, Frédéric, 1986. *Architectures vitalistes : 1950-1980*. Marseille : Ed. Parenthèses. 99 p.
- ZUMTHOR, Peter, 2008. *Atmosphères. : Environnements architecturaux. Ce qui m'entoure*. Basel : Birkhäuser. 75 p. ISBN 9783764388416.
1939. « Les phénomènes thixotropiques et leurs applications ». In : *Le Génie Civil : Revue générale hebdomadaire des industries françaises et étrangères*. 1939. Vol. CXV, n° 2, p. 47.
1964. « Architecture-fiction ou anti-architecture ? ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1965 1964. n° 117.
1966. « André Bloc 1896-1966 ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1966. n° 128.
1974. « Lecture de Experimental Architecture de Peter Cook ». In : *AMC. Architecture mouvement continuité*. 1974. n° 33, p. 67-74.
1985. « Peter Eisenman : l'espace autre ». In : *Techniques et architecture*. 1985. n° 360, p. 26-55.
1991. « An Interview with Peter Eisenman ». In : *DATUTOP (Department of Architecture Tampere University of Technology Occasional Papers) Journal of Architectural Theory*. 1991. n° 14, p. 73-89.
1996. « L'Endless House, Extrait de Architectural Forum, novembre 1950 ». In : BERET, Chantal, MUSÉE NATIONAL D'ART MODERNE - CENTRE DE CRÉATION INDUSTRIELLE, *Frederick Kiesler : Artiste-architecte*. Paris : Centre Georges Pompidou. p. 190-192.
1996. « Présentation exposition Horta ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1996. n° 308, p. 22.
1999. « Organique et fluide ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1999. n° 325, p. 86-105.
2004. « Frei Otto in Conversation with the Emergence and Design Group ». In : *Architectural Design : Emergence : Morphogenetic Design Strategies*. 2004. Vol. 74, n° 3, p. 18-25.
2013. *Architectures expérimentales : dossier pédagogique* [en ligne]. Orléans : [s.n.]. 51 p. Coll. Fonds Régional d'Art Contemporain de la région Centre (FRAC Centre). Disponible sur : < <http://www.frac-centre.fr/> > (consulté le 6 avril 2015).

LA DEUXIEME PARTIE – L'analyse « fluide » des exemples architecturaux contemporains

Introduction à la méthode d'analyse des études de cas

REY, Alain, 2001. *Le grand Robert de la langue française. : 2^{ème} édition du dictionnaire alphabétique et analogique de la langue française de Paul Robert. Vol. 4. 2^{ème} édition. Paris : Le Robert. 2230 p.*

H2O expo

SPUYBROEK, Lars, 1998. « Motor Geometry ». In : *Architectural Design : Hypersurface Architecture*. 1998. n° 5-6, p. 48- 55.

SPUYBROEK, Lars, 2004. *NOX : machining architecture*. Londres : Thames and Hudson. 389 p. ISBN 9780500285190.

1999. « Organique et fluide : Nox architect, Pavillon H2O, Zeeland, Pays-bas ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 1999. n° 325, p. 94- 95.

One Ocean

BRAYER, Marie-Ange, MIGAYROU, Frédéric, 2013. « Naturaliser l'architecture ». In : *Exposition ARCHILAB*. Orléans, France : FRAC Centre.

LIENHARD, Julian, 2014. *Bending-Active Structures: Form-finding strategies using elastic deformation in static and kinetic systems and the structural potentials therein* [en ligne]. Stuttgart : Institut für Tragkonstruktionen und Konstruktives Entwerfen, Universität Stuttgart. 211 p. Disponible sur : <elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2014/9483/pdf/Diss_Bending_Active_Structures_Julian_Lienhard.pdf > (consulté le 3 septembre 2015). ISBN 9783922302-360.

Les Thermes de Vals

HAUSER, Sigrid, ZUMTHOR, Peter, 2007. *Peter Zumthor, Therme Vals*. Gollion : InFolio. 191 p.

KIMMELMAN, Michael, DELLA CASA, Francesco, 2011. « Peter Zumthor ». In : *L'Architecture d'Aujourd'hui*. 2011. n° 383, p. 22-53.

ZUMTHOR, Peter, 1997. *Three Concepts*. Basel : Birkhäuser. 80 p. ISBN 3-7643-5745-2.

ZUMTHOR, Peter, 2008. *Atmosphères. : Environnements architecturaux. Ce qui m'entoure*. Basel : Birkhäuser. 75 p. ISBN 9783764388416.

1999. « Termes et bains de Vals. Suisse ». In : *Techniques et architecture*. 1999. n° 442, p. 84-89.

Les Pavillons Les Cols

CENTRE SUISSE DE LA CONSTRUCTION MÉTALLIQUE, 2008. « Restaurant et hôtel Les Cols, Olot, Espagne : Dans l'univers des éléments ». In : *Steeldoc / Construire en acier : L'acier en façade*. 2008. n° 02, p. 22-27.

CURTIS, William, 2012. « Una conversación con RCR Aranda Pigem Vilalta Arquitectes = A conversation with RCR Aranda Pigem Vilalta Arquitectes ». In : *El Croquis*. 2012. n° 162, p. 16- 35.

MONTANER, Josep Maria, 2012. « Universo RCR = The world of RCR ». In : *El Croquis*. 2012. n° 162, p. 36- 49.

RCR ARCHITECTES, 2012. « Perceptions ». In : *Entretiens de Chaillot* [en ligne]. Paris : Cité de l'architecture et du patrimoine - Ecole de Chaillot. Disponible sur : < <http://webtv.citechailot.fr/video/rcr-architectes> > (consulté le 10 octobre 2014).

ZUMTHOR, Peter, 2008. *Atmosphères. : Environnements architecturaux. Ce qui m'entoure*. Basel : Birkhäuser. 75 p. ISBN 9783764388416.

2006. « Gästepavillons in Olot : Guest Pavilions in Olot ». In : *Detail*. 2006. n° 6, p. 615- 619.

2006. « Les nuits de Garotxa : pavillons Les Cols, Olot/Girona (Espagne) ». In : *Techniques et architecture*. 2006. n° 485, p. 105- 107.

18.36.54

LIBESKIND, Daniel (interviewé), HANLEY, William (reporter), SHORNO, Brock (reporter), 2011. « 18.36.54 House ». In : *Architectural Record* [en ligne]. Disponible sur : <archrecord.construction.com/residential/recordHouses/2011/18-36-54-House.asp> (consulté le 13 septembre 2015).

FRAC Centre : Les Turbulences

BRAYER, Marie-Ange, 2013. *Les Turbulences-Frac Centre : Jakob + MacFarlane*. Orléans : HYX. 123 p. ISBN 9782910385811.

MACFARLANE, Brendan (interviewé), BASULTO, David (reporter), 2013. « Interview vidéo : Jakob + MacFarlane / FRAC Centre ». In : *AD Interviews* [en ligne]. ArchDaily. Disponible sur : <archdaily.com/446769/ad-interviews-jakob-macfarlane-frac-centre > (consulté le 13 septembre 2015).

MACFARLANE, Brendan (interviewé), JAKOB, Dominique (interviewé), MESTAOUI, Naziha (interviewé), AIT KACI, Yacine (interviewé), BRAYER, Marie-Ange (interviewé), 2013. « Interview vidéo : Architecture organique et numérique au Frac Centre d'Orleans ». In : *INTERIEURS* [en ligne]. Disponible sur : <interieurs.fr/tv/13359-architecture-organique-et-numerique-au-frac-centre-d-orleans> (consulté le 14 septembre 2015).

ICD/ITKE Research Pavilion 2011

BRAYER, Marie-Ange, MIGAYROU, Frédéric, 2013. « Naturaliser l'architecture ». In : *Exposition ARCHILAB*. Orléans, France : FRAC Centre.

MENGES, Achim, 2014. « Rethinking Materiality Through Computation in Architecture ». In : [en ligne]. Stockholm : Stockholms Arkitektförening / The Stockholm Association of Architects. Disponible sur : < youtube.com/watch?v=PbgArau_4vI > (consulté le 17 août 2015).

MENGES, Achim, SCHWINN, Tobias, 2012. « Manufacturing Reciprocities ». In : *Architectural Design : Material Computation. Higher Integration in Morphogenetic Design*. 2012. Vol. 82, n° 2, p. 118- 125.

ICD/ITKE Research Pavilion 2013-2014

MENGES, Achim, 2014. « Rethinking Materiality Through Computation in Architecture ». In : [en ligne]. Stockholm : Stockholms Arkitektförening / The Stockholm Association of Architects. Disponible sur : < youtube.com/watch?v=PbgArau_4vI > (consulté le 17 août 2015).

Aggregate Structure 2013

DIERICH, Karola, MENGES, Achim, 2012. « Aggregate Structures: Material and Machine Computation of Designed Granular Substances ». In : *Architectural Design : Material Computation. Higher Integration in Morphogenetic Design*. 2012. Vol. 82, n° 2, p. 74-81.

Cloud Pavilion

BAKER, Lisa, 2014. *Temporary Architecture*. Salenstein : Braun Publishing AG. 256 p. ISBN 9780037681695.

FUJIMOTO, Sou (interviewé), 2013. « Interview vidéo : Serpentine Gallery Pavilion 2013 by Sou Fujimoto ». In : [en ligne]. Dezeen. Disponible sur : <theguardian.com/artanddesign/video/2013/jun/04/sou-fujimoto-serpentine-pavilion-2013-video> (consulté le 15 septembre 2015).

FUJIMOTO, Sou (interviewé), WAINWRIGHT, Oliver (reporter), 2013. « Video review : Sou Fujimoto on the Serpentine pavilion 2013 ». In : *Guardian News & Media Ltd* [en ligne]. Disponible sur : <theguardian.com/artanddesign/video/2013/jun/04/sou-fujimoto-serpentine-pavilion-2013-video> (consulté le 15 septembre 2015).

2014. « Serpentine Gallery Pavilion 2013 ». In : *Acier*. 2014. n° 8, p. 5.

La cathédrale de graines

HEATHERWICK, Thomas, 2011. *Building the Seed Cathedral* [en ligne]. TED: Ideas worth spreading. Coll. TED2011. Disponible sur : <ted.com/talks/thomas_heatherwick> (consulté le 11 novembre 2015).

2010. « Heatherwick Studio, UK pavilion ». In : *A+U: Architecture and Urbanism*. 2010. n° 478, p. 14- 25.

2010. « UK Pavilion ». In : *L'Arca International*. 2010. n° 95, p. 26- 33.

Parasol Metropol

MAYER-HERMANN, Jürgen (interviewé), PHAM, Diane (reporter), 2011. « VIDEO: Inhabitat Interviews Metropol Parasol Architect Juergen Mayer H. ». In : *inhabitat: design will save the world* [en ligne]. Disponible sur : <inhabitat.com/video-inhabitat-interviews-metropol-parasol-architect-juergen-mayer-h/> (consulté le 24 septembre 2015).

MEVEL, Nadège, 2011. « L'évidence du lieu ». In : *Exé : architecture, détail, technique*. 2011. n° 5, p. 152-173.

Rolex Learning Center

NISHIZAWA, Ryue, 2011. « Lecture by Ryue Nishizawa, SANAA ». In : *Architecture Lecture Series* [en ligne]. California College of the Arts, San Francisco : Disponible sur : <youtube.com/watch?v=hjvDGMMcJqc> (consulté le 4 mars 2015).

SEJIMA, Kazuyo (interviewé), NISHIZAWA, Ryue (interviewé), 2014. « Rolex Learning Center EPFL Lausanne / Interview with Kazuyo Sejima + Ryue Nishizawa (SANAA) ». In : *Vernissage TV: the window to the art world* [en ligne]. Paris : Disponible sur : <vernissage.tv/2014/03/07/rolex-learning-center-epfl-lausanne-interview-with-kazuyo-sejima-ryue-nishizawa-sanaa/> (consulté le 22 juillet 2015).

2011. « Centro Universitario Rolex de la EPFL/ Rolex Learning Center EPFL ». In : *El Croquis*. 2011. n° 155, p. 28-59.

Heydar Aliyev Center

BEKIROGLU, Saffet Kaya, 2014. *Zaha Hadid Architects: Heydar Aliyev Center*. Zürich : Lars Müller Publishers. 128 p. ISBN 9783037783535.

HADID, Zaha (interviewé), 2014. « Interview vidéo : The architectural presentation of Heydar Aliyev Center ». In : *Interview with Zaha Hadid* [en ligne]. BAKU magazine. Heydar Aliyev Center, Baku : Disponible sur : < youtube.com/watch?v=ZaHyKOhammk > (consulté le 19 mai 2015).

2012. « Heydar Aliyev Cultural Center - Baku, Azerbaijan by Zaha Hadid ». In : *BBC* [en ligne]. Баку, Азербайджан. Baku : Disponible sur : < youtube.com/watch?v=XVJ1vfgv8TQ > (consulté le 19 mai 2015).

Galaxy SOHO

CECCATO, Cristiano, 2012. « Material Articulation: Computing and Constucting Continuous Differentiation ». In : *Architectural Design: Material Computation. Higher Integration in Morphogenetic Design*. 2012. n° 2, p. 96-103.

HADID, Zaha (interviewé), 2012. « Zaha Hadid | Unveiling ». In : *Crane.tv* [en ligne]. Disponible sur : < youtube.com/watch?v=AOD8i8dJysM > (consulté le 4 août 2015).

Cleveland Clinic Lou Ruvo

GEHRY, Frank, LUIGGI, Cristina (reporter), 2010. « The Gehry treatment ». In : *The Scientist* [en ligne]. Disponible sur : < youtube.com/watch?v=qT7fvmNTZTQ > (consulté le 18 septembre 2015).

LEMONIER, Aurélien, MIGAYROU, Frédéric, CENTRE NATIONAL D'ART ET DE CULTURE GEORGES POMPIDOU, 2014. *Frank Gehry : ouvrage publié à l'occasion de l'exposition présentée au Centre Pompidou, Musée national d'art moderne, Paris, Galerie Sud, du 8 octobre 2014 au 26 janvier 2015*. Paris : Centre Pompidou. 255 p. ISBN 9782844266835.

Hôtel Marqués de Riscal

LEMONIER, Aurélien, MIGAYROU, Frédéric, CENTRE NATIONAL D'ART ET DE CULTURE GEORGES POMPIDOU, 2014. *Frank Gehry : ouvrage publié à l'occasion de l'exposition présentée au Centre Pompidou, Musée national d'art moderne, Paris, Galerie Sud, du 8 octobre 2014 au 26 janvier 2015*. Paris : Centre Pompidou. 255 p. ISBN 9782844266835.

2008. « Frank O. Gehry : Hôtel Marqués de Riscal, Elciego ». In : *L'Arca International*. 2008. n° 80, p. 10-19.

Aqua Tower

GANG, Jeanne, 2008. « Jeanne Gang Interview Aqua at Lakeshore East ». In : *Magellan Development* [en ligne]. Disponible sur : < youtube.com/watch?v=_rUtjgtkkAM > (consulté le 6 septembre 2015).

GANG, Jeanne, 2011. « Twenty-First Century Architecture ». In : *Technology and Architecture* [en ligne]. Chicago Humanities Festival (CHF). Chicago : Disponible sur : < <http://chicagohumanities.org/events/2011/tech-knowledge/2011f-jeanne-gang-a-future-built-with-bits-and-sticks> > (consulté le 27 août 2015).

MATTEO, Vercelloni, 2011. « Studio Gang, aqua tower, Chicago - schermo liquido ». In : *Casabella*. 2011. n° 797, p. 28-35.

