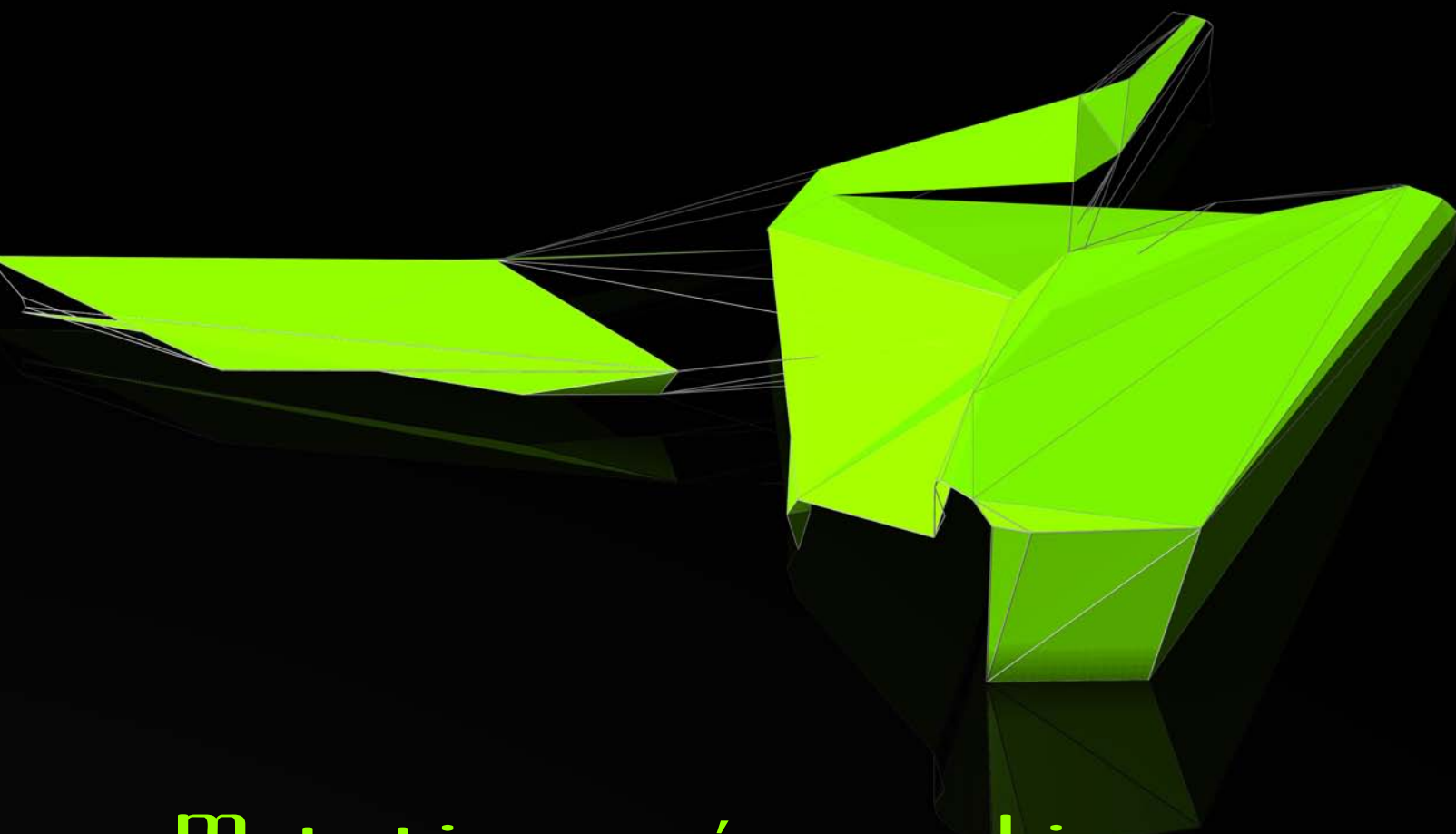




Mutations géographiques.

De la biologie dans le processus de
conception architecturale

Essai(projet) soumis en vue de l'obtention du grade de M. Arch.

François Leblanc
École d'Architecture
Université Laval
2007

Résumé

Au cours des dernières années, les permutations entre le domaine de la biologie et celui de l'architecture se sont considérablement accrues. Le développement de nouvelles technologies digitales couplé d'une remise en question du processus de conception linéaire (référant aux notions deleuziennes sur la multiplicité et la différence) trouve dans le discours scientifique et philosophique de la biologie une approche plus juste et plus complète. Le rapport analogique de la mutation et des processus d'émergence basés sur la complexité et l'interactivité relate des échanges informationnels que l'organisme ou le système opère avec son environnement. À travers une étude historico-interprétative de la compréhension du processus d'adaptation qui mène à une mutabilité de la forme organique, l'étude des rapports entre l'organisme et son milieu vise à circonscrire les lois de l'hérédité qui pourront (in)former le développement de nouveaux systèmes.

Appliqués à l'architecture, les différents processus qui mènent à l'établissement d'un design évolutif relèvent de la programmation informatique ou du moins de modèles analogues. L'usage de procédés stochastiques tels que les algorithmes génétiques ouvre une nouvelle voie à l'exploration du biomorphisme et à l'optimisation des performances en amont du processus de conception. La part d'aléatoire hors du contrôle du concepteur a-t-elle sa place en architecture?

Membres du jury

Georges Teyssot, directeur de thèse de maîtrise

Myriam Blais, professeure à l'École d'architecture (Université Laval)

Claude Demers, professeure à l'École d'architecture (Université Laval)

Marc Grignon, professeur en histoire de l'art (Université Laval)

Jacques Rousseau, architecte

Avant propos

Je tiens à souligner le précieux enseignement de M. Georges Teyssot et son support théorique dans la recherche architecturale sans quoi cet essai n'aurait pas pu être possible. Je lui dois mon ouverture aux philosophes contemporains, entre autres Georges Canguilhem, Gilles Deleuze et Michel De Certeau.

Je ne pourrais passer sous silence la chance d'avoir participé à une expérience interculturelle à Copenhague grâce au soutien de l'École d'Architecture. La découverte de la culture architecturale scandinave et néerlandaise m'a permis de développer une approche formelle, conceptuelle et critique.

Table des matières

1. Introduction	1
1.1 Hybridation du territoire : contexte technologique	1
1.2 Le rapport analogique de la mutation en architecture	3
1.3 Processus d'émergence : une architecture digitale	3
2. De la biologie : étude des rapports entre l'organisme et son milieu	5
2.1 La fabrication du milieu	5
2.2 La loi de l'hérédité	8
2.3 L'environnement habitable, économique et informationnel	9
2.4 De l'espace mécanique à l'espace organique	10
3. Territoire interactif : définition de l'espace paramétrique	13
3.1 La zone : l'importance de la trajectoire	13
3.2 Les hyper-cartes : représentations de l'invisible	15
3.2.1 Paysage de l'information : le datascape	18
4. Incarnation biomorphique	21
4.1 Membranes réactives	22
4.2 L'intelligence collective	25
4.3 La surface comme structure : expérimentation matérielle des phénomènes complexes	27
4.4 Vers une architecture non-standard	30
4.5 Optimisation : l'architecture évolutive basée sur la performance constructive	32
5. Mutations géographiques : une approche géo-digitale du projet d'architecture	37
5.1 L'hyper-carte : étude de l'immatérialité géographique	38
5.2 De l'arbitraire dans le processus de conception architecturale	41
5.2.1 Une métaheuristique	42
Conclusion	44
Bibliographie	45
Annexes	48

Liste des figures

1. Micrographie de la surface foliaire du <i>Cistus longifolius</i> .	7
2. Micrographie de l'intérieur d'une feuille de <i>Melissa officinalis</i> .	8
3. Installation <i>Legible City</i> (1989), Jeffrey Shaw	17
4. Installation <i>Metacity/Datatown</i> (1996), MVRDV	19
5 <i>Endless House</i> (1961), Frederick Kiesler	23
6. <i>Animated forms</i> (1999), Greg Lynn	24
7 Modèle analogue basé sur l'équation de la chaînette, Gaudì	29
8. Modèles analogues utilisant la combinaison de technique de vernis, lacque, caoutchouc et laine mouillée pour SoftOffice (2000), NOX	30
9. Étude de données du modèle de chaise Bolivar généré par algorithmes génétiques (2004), EZCT Architecture & Design Research	31
10. Itération sous EifForm du <i>Hylomorphic project</i> (2006), OpenSource Architecture	36
11. Hyper-carte - combinaison des traces historiques de 1850, 1964 et 2004	38
12. Courbe paramétrique générée par les trajectoires (orientation axiale)	40
13. Résultats morphologiques à différents stades de simplification (10° et 20°)	41
14. 1850 : Apogée des chantiers navals	48
15. 1964 : Apogée industrielle	48
16. 2004 : État surfacique des stationnements	49
17. 2007 : Ruinification du paysage	49
18. Photo aérienne du site de la Traverse à Lévis, 2004	50
15. Étude du comportement élastique d'une membrane d'acrylique	51
16. Études de variation structurale à partir du modèle digital	52
17. Planche 1	53
18. Planche 2	55
19. Planche 3	57
20. Planche 4	59
21. Planche 5	61
22. Planche 6	63

1.1 Hybridation du territoire : contexte technologique

La redéfinition constante de notre rapport avec le territoire contribue à le réinterpréter constamment selon les outils de saisie de l'espace. La relation entre les activités humaines, les trajectoires, les transits et la matière *in situ* complexifie la définition de ce lieu de l'expérience actuelle et virtuelle. À travers les constantes transformations imposées à cet environnement se révèle un déploiement des surfaces en perpétuelle redéfinition de ses frontières (Cauquelin, 2002). La médiation entre un intérieur fonctionnel et un environnement artificiel saturé d'informations est devenue ambiguë puisque le rapport à l'espace s'est lui-même transformé à travers un univers technique. L'interface constructive qui relie l'humain à son environnement ajoute une couche de complexité à la triade vitruvienne – solidité, commodité et beauté (Picon, 2003).

En altérant les données territoriales par des transformations opératives d'hybridation, le site et son environnement bâti expriment une nouvelle cartographie¹. Pour François Roche (R,DSV&SieP. 1999), cette évolution est caractérisée par la distorsion, l'hybridation, le clonage, le greffage, la scarification et le scénario. La forme se plie à l'organisation des forces qui interfèrent

1 Chez Foucault, c'est le diagramme, une carte de rapport de forces, carte de densité, d'intensité, fluente et instable. (Foucault, Deleuze (1986))

dans le projet constituant une topologie de structure organisationnelle². Pour Actar, le site n'est pas un contenant fixe, un ready-made, mais bien un champ de force multiple dont l'architecture consolide et génère des liens qui unissent le naturel à l'artificiel apportant de nouvelles combinaisons, de nouveaux échanges d'information. (Simonnot, 2003)

Avec l'arrivée de nouveaux modes d'appréhension du monde, une redéfinition territoriale du local et du global change la perception et la lecture de l'espace. L'importance accordée au traitement de l'information reliée à un site d'intervention architectural s'est manifesté chez MVRDV, avec l'installation Metacity/Datatown (1999), par l'interdépendance des paramètres numériques contextuels. Le *deep planning*³ de UN Studio ainsi que les *morphings* de François Roche constituent autant de tentatives de saisie du lieu, visible et invisible⁴.

« Se préoccuper des questions de Lieu et de Nature, de Culture et de Technologie aujourd'hui, c'est non seulement prendre en compte les transformations physiques de l'écoumène ou de la biosphère, mais aussi intégrer une vision haptique de nos environnements hypermédia immatériels. C'est élargir la notion de paysage à l'ère de ses reproductibilités télétechnologiques. » (Roche, 1998;15)

2 Les topologies de structures organisationnelles réfèrent à une transformation du territoire dans sa lecture et son mode opératoire. Selon Ben van Berkel et Caroline Bos de UN Studio, l'hybridation progressive du territoire est en réaction à des pressions économiques, politiques et chimiques (Move : liquid politics, 1999)

3 L'expression deep planning concède au processus de design une prégnance programmatique ; l'aspect dynamique est privilégié à la composition formelle préétablie (Picon, 2003).

4 Cette proposition renvoie à l'ordre qui régit la ville contemporaine (Les villes invisibles d'Italo Calvino, 1972) ainsi que la chair comme lieu d'une inscription de vérité (Le visible et l'invisible de Maurice Merleau-Ponty, 1964) qui seront étayés ultérieurement.

1.2 Le rapport analogique de la mutation en architecture

Le recours à l'analogie historico-interprétative de la biologie sert de support théorique à la compréhension des phénomènes du visible et de l'invisible en architecture par la définition du milieu de l'organisme et des lois sur l'hérédité (comportement de l'information de l'organisme). Les dimensions locales et globales du milieu (sphères de croissance de l'organisme), de l'écologie (science de l'habitat) et de l'environnement (rapport éthique à son exploitation) contribuent à cibler la notion de territoire. Le processus de la mutation contribue à comprendre les changements – micro et macro – entre l'organisme et le milieu, c'est-à-dire entre la forme et l'espace. La mutation comme déformation à travers la surface inscrite, constitutive de la porosité spatiale, révèle les changements imputables aux modifications du code.

Pour Antoine Picon (2003), la métaphore des sciences en architecture est récurrente à travers les époques depuis la Renaissance. Cette analogie permet de rassembler l'hétérogène et met l'accent sur le narratif ou la fiction pour développer une coopération idéologique et un transfert d'idée. Dans l'analogie comme telle, il existe une séparation nette entre la signification propre et l'image (Hegel, 1979), dont il est important de conserver des distances dans les deux domaines de savoir.

1.3 Processus d'émergence : une architecture digitale

Aujourd'hui, émancipée de la rhétorique entourant le style, la conception architecturale se réfère davantage au processus de création qu'à des critères esthétiques établis. Depuis l'essor d'outils modernes nés des nouvelles tech-

nologies de l'information, la manière de concevoir l'architecture s'adapte à un nouveau vocabulaire formel. Dans cette réalité conceptuelle, la programmation informatique, les topologies⁵ digitales, les espaces géométriques non-Euclidiens, les systèmes cinétiques et dynamiques et les algorithmes génétiques sont implantés par les nouveaux supports technologiques (Kolarevic, 2003). Le processus se caractérise par une logique ouverte et imprévisible. Contrairement à la méthode traditionnelle basée sur le collage, la forme architecturale apparaît seulement à la fin du processus. L'arbitraire demeure au centre de la conception.

À travers la complexité formelle générée, une cohérence émerge du résultat unifié. Le processus d'adaptation dynamique lie toutes les parties et forme un ensemble indissociable, un corps quasi-biologique. *Emergent design* constitue une alternative à la tectonique architecturale (aussi connue sous le nom de paradigme atomique) laquelle s'édifie sur la relation simplifiée entre les objets ou les systèmes.

La thèse démontre le rôle de l'émergence dans le processus de design évolutif à travers une analyse du caractère analogique de la mutation biologique afin d'optimiser les paramètres architecturaux reliés à la performance structurale.

5 Les topologies digitales concernent la science des déformations auto-régulatrices tel qu'élaborer par Brian Massumi (1998) dans «Line Parable for the Virtual»

De la biologie : étude des rapports entre l'organisme et son milieu

Le principe génétique de la mutation provient des sciences biologiques et n'apparaît qu'au début du XXe siècle avec la découverte de la génétique et de la théorie de la relativité. À travers une réflexion sur les interactions entre l'organisme et son milieu, le concept se construit autour de différentes disciplines scientifiques – en mécanique, en biologie, en géographie, en médecine et en informatique.

2.1 La fabrication du milieu

Le milieu constitue un rapport spatial entre deux infinis (Canguilhem, 1965) ; c'est un espace intermédiaire, situé à mi-lieu. L'apparition du terme provient des bouleversements survenus en astronomie et en physique aux XVe et XVIe siècles qui ont remis en question l'anthropocentrisme suite aux développements scientifiques de Galilée, Kepler et Copernic. L'héliocentrisme redéfinit le rapport au monde et l'homme ne constitue plus le milieu. Pour Blaise Pascal, il devient *un* milieu, il a de la proportion.

Apparu dans le vocabulaire chez les mécaniciens français du XVIIIe, il désigne ce que Newton nomme *éther* et qui sert d'intermédiaire ou de canal qui guide l'action à distance d'individus distincts. Chez Lamarck (1744-1829), les

milieux représentent des fluides (eau, air, lumière) dans lesquels la vie se transforme et résiste uniquement en se déformant. Selon Georges Canguilhem (1965), ce rapport entre organisme et milieu trouve écho dans le discours de Buffon (1707-1788) dont il le définit en tant que convergence des composantes mécaniques et composantes anthropogéographiques reliées aux conceptions astrolologique et astronomique (climatique).

L'extension de la notion de milieu hors du domaine de la géométrie survient en géographie alors que devient nécessaire de définir l'espace dédié à la globalité des interactions terrestres. Alors que, chez les grecs, la conception de la géographie reposait sur une projection du ciel et de la terre⁶, Carl Ritter (1814) propose l'espace terrestre comme objet de connaissance géométrique, géologique, sociologique et biologique. Un basculement de l'interprétation mécaniste survient dans les travaux de Jacques Loeb dans lesquels il statue que le mouvement de l'organisme dans le milieu est un mouvement associé au réflexe comme réponse élémentaire par laquelle l'organisme est forcé.

Les efforts que déploient les organismes dans la lutte à la survie se traduisent par une morphologie représentative des circonstances entourant l'adaptation au milieu qui le soutient. Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1831) y voit une disposition sphérique et centrée sur l'organisme qu'il qualifie de circonstances et d'ambiance. Cette forme de système nécessaire à l'existence couplé au corps du vivant offre une influence réciproque ou ce qui convient de nommer symbiose (Auguste Comte, 1838). Charles Darwin (1859, *Origines des espèces*) établit deux types de rapports biologiques qui poussent l'organisme à réagir en s'adaptant :

6 La projection du ciel sur la Terre se divise en deux éléments : une correspondante topographique (qui lie la géométrie et l'astronomie) et une composante hiérarchique (c'est-à-dire subordonnée à la physique et l'astrologie).

le rapport de vivants à d'autres vivants (qui semble primer) et le rapport de forces physiques générées entre le vivant et son milieu (figures 1 et 2). Il en déduit donc une force dans les relations d'utilisation, de destruction et de défense dans les variations morphologiques⁷.

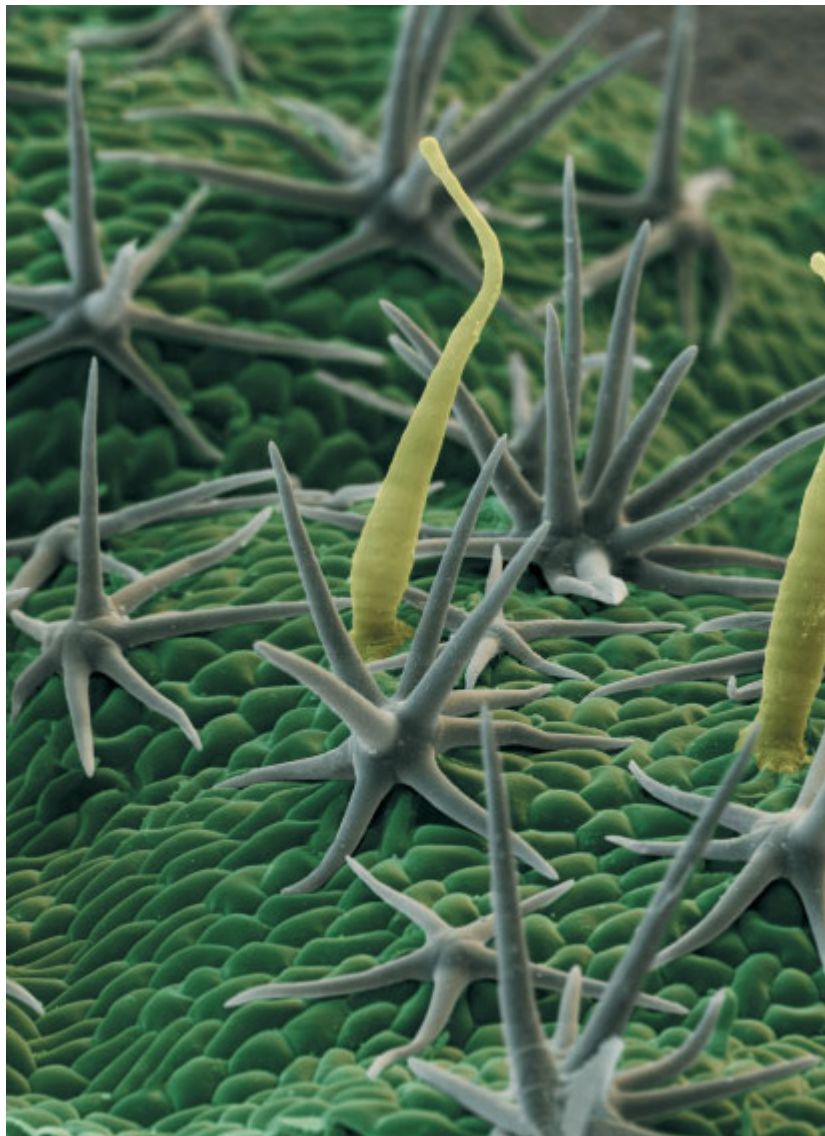


Figure 1

Micrographie de la surface foliaire du *Cistus longifolius*. Ces trichomes, en gris, protègent mécaniquement la feuille contre les attaques d'animaux nuisibles alors que les poils glandulaires, en jaune, produisent des substances chimiques.

Magnification: x 125 à 6 x 6 centimètres.

7 L'analogie concernant les moyens de transformation de l'organisme comme stratégies opératoires dans la modification de la structure architecturale s'appuie sur ces interactions actives déjà démontrées par Darwin. Les stratégies d'adaptation sont donc étroitement reliées aux principes actifs du milieu.

2.2 La loi de l'hérédité

L'organisme entretient un contact privilégié avec le milieu qui lui est indissociable lequel s'inscrit dans la constitution même de l'espèce. L'évolution du corps génère une transformation (mutation) qui se déploie et se déplie en réaction aux conditions extérieures de survie. Dans l'optique de Lamarck, la variation de l'espèce peut ainsi survenir par suite de l'usage ou du non-usage de ses organes, et aussi de transmettre la variation acquise à ses descendants (Bergson, 1908). Les recherches sur l'hybridation et l'hérédité de G. Mendel (1822-1884) stipulent que, « par la constitution de la génétique, l'acquisition par le vivant de sa forme, selon ses propriétés fonctionnelles et le milieu qui lui est étroitement lié, dépend de son potentiel héréditaire propre » (Canguilhem, 1965;147).

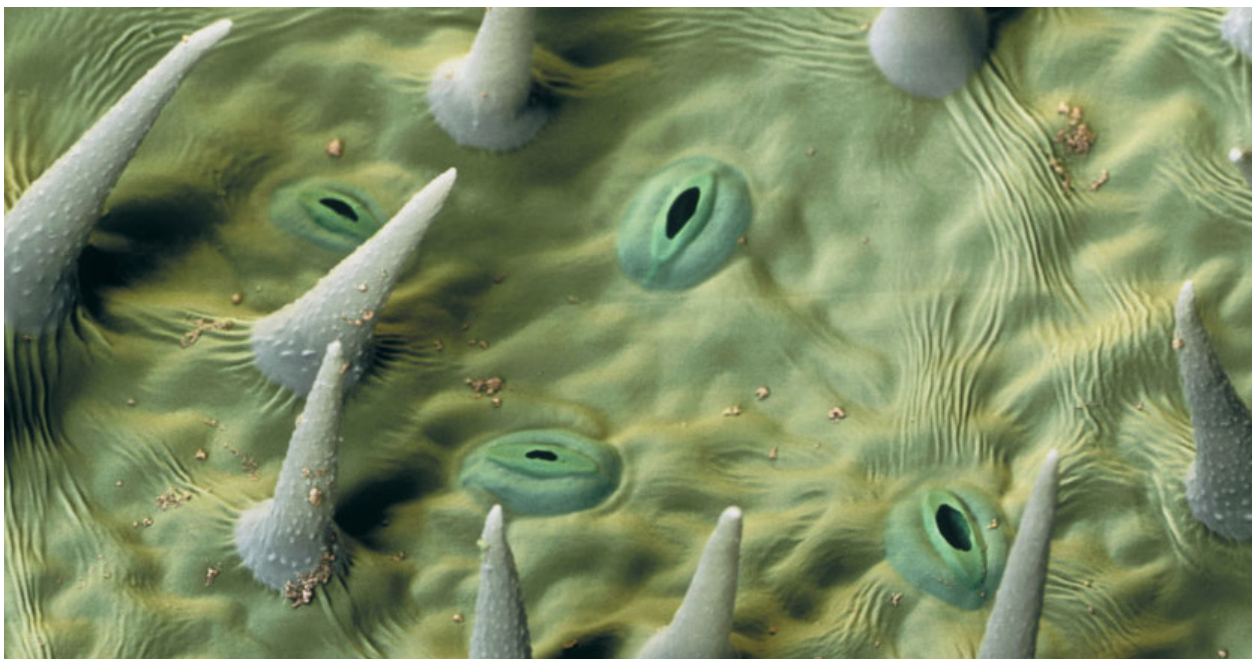


Figure 2 : Micrographie de l'intérieur d'une feuille de *Melissa officinalis*. Les nombreux poils couvrent la sous-face de la feuille. Ces poils protègent contre les prédateurs tout en réduisant l'évaporation. Les stomates apparaissent comme des structures arrondies et effectuent l'échange de gaz et d'eau. Magnification: x 900 à 6 x 7 centimètres.

De l'inscription des paramètres externes (ou circonstances telles que décrites par Geoffroy Saint-Hilaire), le corps engendre des transformations génétiques. L'incorporation des changements héréditaires permet la variation de l'espèce par un perfectionnement étroitement lié au contexte. Le changement est attribuable à l'organisme, ou plutôt à ses organes dont la métamorphose provient d'une inscription antérieure. D'après les expériences sur la vernalisation de Lyssenko (1898-1976), les modifications héréditaires peuvent survenir et se consolider par des modifications dans les conditions d'alimentation, d'entretien et de climat et produisent sur l'organisme une dislocation ou une rupture de la constitution génétique.

L'hérédité s'inscrit dans un code génétique dont l'évolution des propriétés intrinsèques à l'organisme dépend beaucoup du milieu ambiant. En effet, la constitution génétique provient d'une forme d'écriture reçue du milieu. Il y a intextuation par incorporation de *texte de loi* sur le corps de l'organisme. La codification révèle plusieurs plis, plusieurs couches de mémoire de stimuli encryptés ; « les êtres vivants sont mis en texte et la raison d'une société (logos) se faire chair » (Michel De Certeau (1980;206). Le transfert d'information, du dedans ou du dehors, corrige un excès ou un manque en relation à une norme qui marque la stabilité de l'organisme-environnement.

2.3 L'environnement habitable, économique et informationnel

La transformation du milieu qui s'opère durant les XIXe et XXe siècle sous la pression de l'industrialisation et de l'exploitation à grande échelle force à redéfinir la notion d'environnement et d'écologie. L'écologie provient du grec *oikos* (désignant la maison ou l'habitat) qui sert aussi de préfixe à *écoumène*

(espace habitable sur Terre) et économie⁸. Selon Martin Reinhold (2004), la vision de l'écologie lors de l'adoption de la loi National Environmental Policy Act (NEPA) s'efforce à constituer l'homme en tant que sujet à risque, mis en danger par son environnement. Il devient une variable à la complexité écologique et économique.

"At this point we find environment disengaged from its nineteenth-century origins in the form of the more proximate socio-biological "milieu," because as a rule environmental risk does not present itself to direct observation or experience but rather, as Beck emphasizes, is "localized in the sphere of physical and chemical formulas." (Reinhold, 2004;80)

L'économie (l'étude de la gestion de l'habitat) constitue un environnement lié aux relations commerciales et à l'échange d'information. La théorie mathématique de l'information de Claude Shannon (1949) statue sur la présence d'un canal à l'intérieur duquel s'établit le contact entre de deux entités, l'émetteur et le récepteur. Selon Michel Serres (1980), dès que l'organisme est en présence de l'autre, il y a un milieu entre eux. Ce lieu, c'est un espace de transformation, le prolongement d'un système particulier. Dès lors, le milieu se transpose en un tissu relationnel hors du champ physique et formel. Il constitue une matrice ponctuée d'événements informationnels ; il est sans limite, sans fonction et sans forme (Deleuze, 1986).

2.4 De l'espace mécanique à l'espace organique

L'activité générée par la relation symbiotique de l'organisme avec le milieu

8 L'apport de la Technische Hochschule für Gestaltung de Ulm dirigé par Maldonado (1954-1967) a joué un rôle important dans l'établissement des paramètres que circonscrit le sens légal du terme.

qui le constitue relève de la relativité soutenue par Einstein, Bergson et Whitehead. L'espace mécanique newtonien, c'est-à-dire linéaire, homogène et local, ne trouve plus écho dans l'activité de délocalisation et de cohésion mutuelle qui tient plus du processus démocratique. L'objet *de* l'espace-temps est un produit de l'activité engendrée par des conditions particulières alors que l'objet *dans* l'espace-temps est défini par les contraintes hiérarchiques et soumis à un système mécanique (Mae-Wan Ho, 1997).

L'organisme constitue un tout irréductible dont l'ensemble des parties ou organes est mutuellement relié ; il ne se définit pas par la somme de ses parties. Selon Mae-Wan Ho (1997), la relation entre la dimension globale et locale contribue à incorporer l'organisme à son environnement, ce qui le propulse d'un acte ininterrompu d'*unification préhensive*⁹. La cohésion se produit au niveau global tandis qu'au niveau local, l'organisme acquiert une liberté.

L'espace-temps organique possède une structure fractale, depuis ses composantes internes invisibles (cellulaires) jusqu'à son environnement visible (géographique). C'est ce que Stewart (1989) nomme la « texture de la réalité », un calque de l'information à différents niveaux de perception. Ainsi, l'écologie globale pourrait être envisagée comme un super-organisme dans lequel une cohérence peut être établie en terme de relations écologiques au-delà d'un espace-temps global et géologique. « It is a coherent superposition and entanglement that gives non-local access to the diverse multiplicity of space and times that constitute

⁹ Le terme d'*unification préhensive* est présent dans le discours sur l'émergence et trouve ici une définition biologique. Certains principes tels que l'intelligence collective seront plus approfondis et reliés au processus architectural du chapitre 4.

its integral whole. That may be the real challenge to organic architecture.»
(Mae-wan Ho, 1997)

La mutation de l'organisme se génère conjointement avec les paramètres du milieu et marque une tendance à équilibrer la variation des conditions particulières à sa survie. Elle est fondamentalement établie dans le type de relation qui sert de canal ou de transfert de l'information dans un double mouvement dedans-dehors. Transposée en architecture, l'appréhension de la réalité visible et invisible se projette sur la notion de territoire.

03

Territoire interactif : définition de l'espace paramétrique

De la fabrication du milieu et de son rapport avec l'organisme, la définition de l'espace paramétrique conduit à établir une corrélation entre l'environnement et l'espace virtuel. Les relations entre chacune des composantes du territoire génèrent des réseaux complexes de trajectoires contribuant à définir les manipulations de l'invisible sur le système et mènent à une hybridation, c'est-à-dire une incorporation morphologique de l'information à travers les diverses structures.

Le territoire est un organe comparable au milieu ou à l'environnement qui interagit avec l'organisme. C'est le lieu de la sensation, de l'expérience et du mouvement qui soutient le monde physique en plus d'être la matrice des réseaux composée de points reliés entre eux. Le territoire ne constitue pas une zone définie et immuable mais plutôt un vide où s'articule et se muent des forces. Selon Foucault, le dehors ou l'extérieur est ce qui à la fois permet et résiste aux mouvements de territorialisation et de déterritorialisation (Grosz 2001).

3.1 La zone : l'importance de la trajectoire

L'expérience de la traversée confère au lieu une instabilité formelle, une

déformation liée à la trajectoire empruntée. Le projet Stalker¹⁰ propose une exploration des territoires actuels que sont les lieux et non-lieux en transformation. Le rôle de l'expérience du territoire à l'échelle du corps permet de voir le visible et l'invisible du lieu et ainsi percevoir le langage inconscient de la mutation. C'est en traversant la zone que l'actualisation devient possible. Pour Michel Foucault (Deleuze, 1986), l'actuel est une action de devenir, un déploiement du potentiel inscrit en toute chose qui investit le monde visible.

La zone consiste en un regroupement rhizomatique d'aires marginales ou zones périphériques que compose la ramification du vide en constante transformation. La méthode de lecture opératoire du système territorial diffus, que rend possible sa traversée, présente l'expérience comme une cartographie (en quoi la carte est l'opposé du calque). La carte représente un schéma de relations, de trajectoires présentes dans un lieu donné tandis que le calque génère une forme de stratification de l'information (Deleuze, 1986).

La forme articulée d'interconnections d'espaces virtuels (c'est-à-dire en attente d'actualisation) répond à la notion de fractales retrouvé dans la structure même de l'organisme. Disposé à plusieurs échelles de perception, les vides constituent des liens analogues à la cellule et à la géographie dénommés *texture de la réalité* (mentionné précédemment). Selon Marshall McLuhan, le rapport étroit entre les deux dimensions de perception, entre local et global, définit la notion de village global, c'est-à-dire un monde composé de réseaux

10 Le projet Stalker est une action menée à Rome sur un parcours circulaire de soixante kilomètres entièrement accompli à pieds pendant cinq jours, qui se voulait de souligner l'existence d'un système territorial diffus et de lui attribuer une valeur parmi l'art du parcours.

étroitement liés qui superposent des localités discontinues dans un temps continu.

La concrétion de la visibilité (c'est-à-dire ce que nous percevons dans le monde actualisé) se produit dans la formation d'un certain nœud dans la trame du simultané et du successif (Merleau-Ponty, 1964). Ce nœud, c'est une forme de *l'ici et maintenant* que caractérise une présence forte de la culture du lieu qui se substitue à celle de la forme. (Roche, 1998).

L'extraction du site lui-même vers un autre milieu à travers des moyens de représentation transforme le rapport *in situ*, son identité locale. L'expression *in situ* (opposé de *in vitro*) se réfère à un courant d'artistique lié à l'émergence du land art qui recherche une forme de construction à la fois éphémère et durable dont le rapport au temps du milieu dans lequel l'œuvre est destinée est mis en réseau par le biais d'un support intermédiaire à des fins d'exposition. Or, lorsque le site quitte le champ de la simple visibilité, son effacement traduit un rapport à son dehors. L'*in situ*¹¹ constitue une mise en situation du regard, c'est une construction en continue conditionnée par l'œuvre (Cauquelin, 2002). L'exposition de l'œuvre se retrouve extraite de son environnement par des moyens de représentation tels que la photo et la vidéo ; le lieu constitue alors une situation extraite du contexte, mise en réseau.

3.2 Les hypercartes : représentations de l'invisible

11 L'*in situ* apparaît dans les années 1960 dans l'univers artistique. Bien qu'il s'agisse d'une œuvre dont l'emphasis est mise sur un lieu unique et nécessaire à sa fabrication, l'œuvre existe seulement hors d'elle-même, c'est-à-dire dans ce qu'elle met en vue et expose dans sa temporalité.

Le territoire constitue une plateforme où interagissent, surviennent et disparaissent des événements de nature visible et invisible. La carte est une métaphore spatiale qui permet de croiser les distances, le temps ainsi que toutes les informations parallèles « sur l'environnement, la succession des plans. la visée stratégique de celui qui consulte la carte et ce pourquoi la carte est faite » (Cauquelin, 2002;97). Elle devient ainsi l'hyper-carte, qui dépend de la densité des informations qui circulent sur les réseaux que traversent et entrent en relation avec le site. C'est une carte topologique. Elle résulte d'un point de vue et d'un rapport avec les alentours. Sous-jacent à la réalité sensorielle, l'ordre invisible qui gouverne la ville, ses règles d'émergence, de formation, de déformation et de disparition, est un ordre de cohérence derrière l'apparente dysharmonie (*Les villes invisibles* d'Italo Calvino, 1972).

La carte des rapports de force établit l'espace interstitiel où se logent les transformations sociales, culturelles et naturelles. Elizabeth Grosz (2001) précise que cette zone de l'entre-deux qui relie les points donnés d'un réseau n'est pas simplement l'espace convenu des mouvements et des trajectoires. L'interstice est la seule place d'où le devenir, le déploiement du potentiel futur, dépasse la volonté conservatrice qui retient l'unité et la cohésion. La transformation établit, à l'intérieur d'une relation, des déviations et des dislocations qui ne se caractérisent pas par des fragments solipsistes ; le lien n'est pas rompu mais bien déplacé par un mouvement de translation.

Le prolongement de l'univers technologique vers l'environnement, c'est-à-dire l'écotechnie¹², transforme le rapport du corps au monde par un moyen intermé-

12 Le terme écotechnie provient de Jean-Luc Nancy (2000) dans *Corpus*. Il

diaire de déchiffrement de la réalité. Le territoire se lit plus facilement à l'aide d'outils technologiques, ce « monde technologique qui branche nos corps au système, les rends plus visibles, plus proliférants, plus polymorphes, plus en masses et zones » (Teyssot, 2005;170). De cet écroulement informatique peut naître un paysage articulé par des banques de données statistiques qui configurent et reconfigurent constamment la nouvelle ville telle que représentée dans l'installation vidéo Metacity/Datatown de MVRDV.

Dans *Legible City* (1989), Jeffrey Shaw consacre à la bicyclette un recouvrement de l'action physique et de sa résultante dans l'espace virtuel (figure 3). Au voyage virtuel, c'est-à-dire au parcours intellectuel dans l'éventail des possibles de *Legible City*, correspond un effort physique réel tel que nous pourrions l'expérimenter dans la ville actuelle. Le cycliste y voit donc dérouler sous ses yeux un paysage encodé, formé d'agglomérations de mots entre lesquels, il peut circuler et se diriger en relation avec l'effort physique qu'il produit.



Figure 3 :
Installation
Legible City
(1989),
Jeffrey Shaw

présente le rapport entre le monde (oikos) technique et le corps dont le premier agit comme une machine et aussi comme un organe.

3.2.1 Paysage de l'information : le datascape

À travers le graphique statistique, un univers se déploie en un nouveau paysage surnommé *datascape*. Les données non-spatiales représentent, sous la forme de cartogrammes et de diagrammes, des lignes de connections, des distorsions et des mouvements. « Dans tous les types de diagrammes, les données spatiales et territoriales sont en permanente information et déformation par les données quantitatives et statistiques ». (Chabard, 2003) Le recours à la statistique et à la méthode quantitative pour expliquer notre monde dérive de cartes et de graphiques associés au domaine social et économique produits au XIXe siècle. C'est une forme de description par valeurs ponctuelles de la réalité octroyée par la multiplication des points de vue mis en relations.

La ville peut être décrite par une série de vues oligoptiques qui engendrent une grande quantité d'observations spécifiques qui couvrent les différentes fonctions (Chabard, 2003). Pour Bruno Latour (dans *Paris : ville invisible* (1995)), la complexité du paysage construit ne peut être contenu dans un seul panorama. La série de *vues oligoptiques* permet de relier à la fois la gestion de différents réseaux, trafics et flux de gens et de produits dépendant de modèles de fonctionnement et d'instrumentalisation. Il s'agit donc d'une vue statistique de la situation immédiate donnée selon un point de vue unique. Dans la description de la ville-panorama perçue depuis le 110e étage du (défunt) World Trade Center, Michel de Certeau présente une vision tout aussi détachée de la réalité. À travers l'artéfact optique – le tableau qui traduit une représentation de la ville – une immense texturologie¹³ construit une fiction,

13 La texturologie, tel qu'employée par Michel de Certeau, représente une accumulation d'objets et de surfaces qui compose la complexité de la ville. Elle constitue un savoir d'une quantité démesurée d'artéfacts qui génèrent la ville.

une sorte de distanciation de la réalité vécue de la ville. Il s'agit d'une fiction du savoir, une « exaltation d'une pulsion scopique et gnostique (De Certeau, 1980;140) ».

La mise en relation directe de quantités gargantuesques d'informations quantifiables avec l'espace pour en faire un paysage prend véritablement naissance avec l'installation de MVRDV Metacity/Datatown (1996). Le datascape présenté dans un paysage binaire constitue une forme interactive de représentations vi-

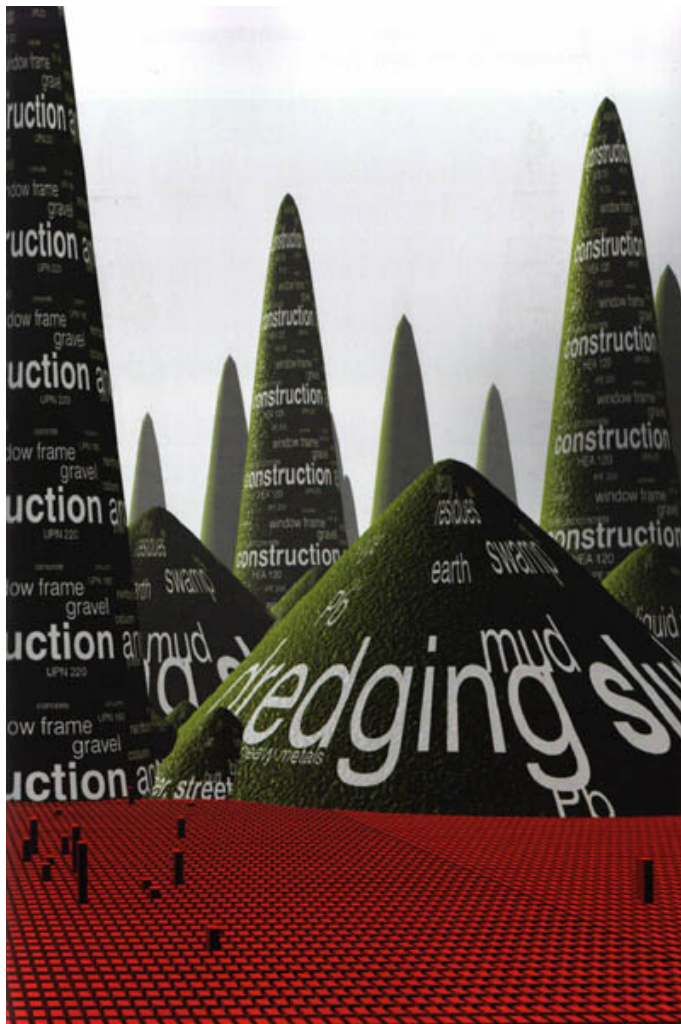


Figure 4 : Installation Metacity/Datatown (1996), MVRDV

suelles de toutes les forces quantifiables qui peuvent influencer et même définir et contrôler le travail de l'architecte (figure 4). C'est un système abstrait qui, selon Anthony Giddens, fait passer la donnée du simple sondage à la matrice interactive (Lootsma, 2003). Cette agglomération d'information devient semblable à une ville, représentée par des échelles de perception, des textures et des effets de lumière.

Le datascape démontre une corrélation avec la notion de diagramme (attribuable au champs du pouvoir) interprétée comme cartographie selon l'analyse de Deleuze (1986) sur Foucault. Le diagramme est

multiplicité spatio-temporelle et coextensive à tout le champ social. Il est tributaire des instabilités et des flux du milieu, et soumet les matières et les fonctions à un processus de mutation. Cette métamorphose survient sur des points d'émergence de créativité, de conjonctions inattendues, de continuum improbables. « C'est la carte des rapports de forces, carte de densité, d'intensité, qui procède par liaisons primaires non-localisables, et qui passe à chaque instant par tout point, ou plutôt dans toutes relations d'un point à l'autre » (Deleuze, 1986;44)

Soumettant les nouveaux paramètres de mutation au lieu, un phénomène de dislocation survient, c'est-à-dire une perte de localisme (dis-location), un déplacement qui sort de la norme. Selon Teyssot (1995), le déplacement et le remplacement proviennent de la notion de *place* que la construction définit comme fondation. La mutation acquiert dès lors une dimension géographique qui réside dans l'information transigée par l'intermédiaire de trajectoires locales. De cette nouvelle topologie s'établit une nouvelle lecture du territoire attribué aux activités architecturales. Selon Manuel Gausa (2003), la géographie comme métadiscipline est devenue indissociable de l'architecture par des opérations de *mapping*, d'exploration et de colonisation. La cartographie est une expérience mentale, elle transcende le médium physique. L'acte géographique compile plusieurs opérations transposant plusieurs codes imprégnés de la symbolique informationnelle sur un médium visible et lisible, la carte.

04

Incarnation biomorphique

Les principes d'hybridation soutiennent une double nature, hétérogène, composée d'interactions entre l'environnement (actuel et virtuel) et l'organisme. Suite à de multiples mutations, le corps incorpore l'information dans la morphologie résultante. Ces phénomènes complexes posent un regard nouveau sur la façon de concevoir le projet d'architecture. Le bio-mimétisme, examinant le structuralisme moléculaire ou tentant de synthétiser les tissus organiques et inorganiques, relate d'une fascination pour la génération de formes architecturales. (Sprecher, 2006)

Les premiers essais de permutation entre les deux disciplines remontent au XIX^e siècle. À travers l'idée de dynamisme et d'expression, une définition de la structure prend forme principalement chez Viollet-le-Duc. Dans «*Entretiens sur l'architecture*» (1863-72), il explique sa vision de la structure comme étant le résultat de tensions fondées entre les besoins sociaux et la culture technologique d'une époque. La structure résultante (qui actualise la structure comme potentiel) révèle donc cette tension fondamentale composée d'interactions complexes.

L'intérêt pour le biomorphisme s'accroît dans plusieurs domaines connexes à l'architecture et la biologie. Ernst Haeckel (1834-1919) dans «*Générale Morphologie der Organismen*» (1866) s'intéresse au biomorphisme présent dans la nature pour expliquer les formes d'art. Pour sa part, Charles Vernon Boys

(1855-1944) établit une relation d'efficacité dans la formation de la structure interne des phénomènes biologiques à travers les bulles de savon dans « *Soap-bubbles and the forces which mould them : being a course of three lectures delivered in the theatre of the London Institution* » (1890). Le véritable lien entre architecture et biologie provient de D'Arcy Wentworth Thompson (1860-1948) "On Growth and form" (1917) où la structure devient synonyme du processus de croissance et de développement, laquelle actualise¹⁴ les forces latentes (Picon, 2003).

Outre les conceptions géométriques formelles des années 1950 à 1970 impliquant une architecture structurale¹⁵, la forme organique « libre » demeure théorique et difficilement réalisable au moyen des technologies de l'époque. Le projet de Frederick Kiesler intitulé *Endless House* (1961) chapeaute les objectifs d'un biomorphisme intégral puisqu'il prend forme à l'intérieur d'un processus de conception (figure 5). La morphologie résultante constitue la cristallisation d'une optimisation à la fois structurale et spatiale.

4.1 Membranes réactives

Pour incarner les interactions avec l'environnement, la forme possède une paroi poreuse qui permet un réajustement graduel à chacune des modifications

14 L'actualisation permet le déploiement du potentiel inscrit en toute chose qui investit le monde visible (Deleuze, 1986). Elle transcende la réalité virtuelle de l'acte de concevoir.

15 L'expressivité formelle des structures géométriques rappelle la formation des cristaux chez Eero Saarinen (TWA Terminal à New York, 1962), Pier Luigi Nervi (Palazzetto dello Sport à Rome, 1956-57), Buckminster Fuller (Pavillon des États-Unis à Montréal, 1967) et Frei Otto (Stade de Munich pour les jeux olympiques de 1972).

paramétriques du contexte. Il s'agit d'une surface topologique, c'est-à-dire qui acquiert des déformations auto-organisationnelles. Cette définition tend à rejoindre la notion de *quale* définie par Merleau-Ponty : « Le quale (une pellicule d'être sans épaisseur, message à la fois indéchiffrable et évident) reprend son existence atmosphérique. Sa forme précise est solidaire d'une certaine configuration ou texture laineuse, métallique ou poreuse. » (1964;174)

La membrane qui sépare l'extérieur de l'intérieur acquiert son rôle lorsqu'elle est traversée ; la frontière n'existe que par le mouvement du passage d'un côté à l'autre. La pénétration dans le milieu relève d'un processus infectieux perpétré dans la porosité spatiale, qui inscrit la trace des déforma-

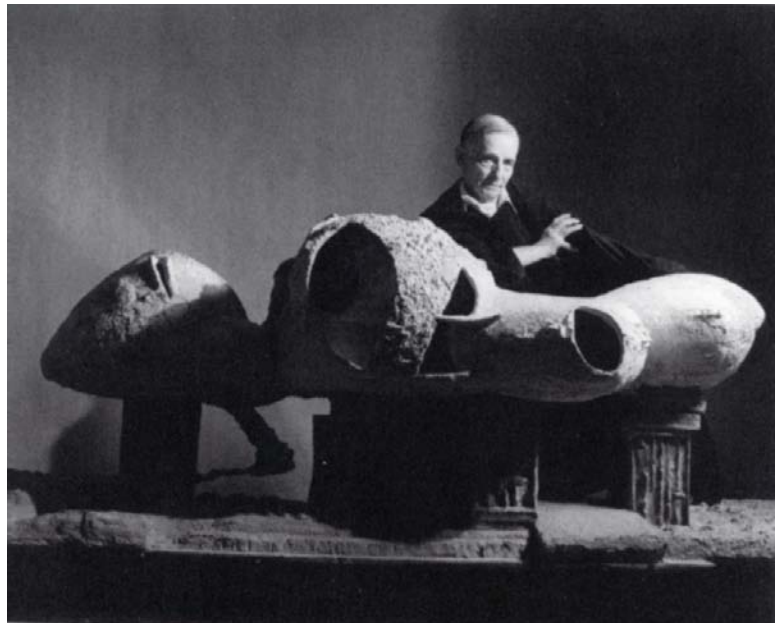


Figure 5 : Endless House
(1961) Frederick Kiesler

tions induites. Foucault interprète l'intérieur comme un effet de l'extérieur, c'est-à-dire un pli ou une doublure du dehors, une contorsion de la surface extérieure (Grosz, 2001). L'extérieur cohabite dans la transmutabilité de l'intérieur.

Le dehors signifie l'extérieur, la surface, le simulacre, le pli, la trajectoire de vol et la résistance à l'assimilation ; il s'établit hors de l'organisme. C'est le domaine du pouvoir, immanent, qui n'endosse pas une continuité ni une contiguïté mais génère un espace sériel. Le mouvement vectoriel - la

trajectoire - mobilise des matières et des fonctions non-stratifiées. Les rapports, toujours locaux et instables, se transfèrent toujours d'un point à l'autre selon des actions d'inflexions, de rebroussements, de retournements, de tournolements, de changements de direction et de résistances. « Le diagramme, en tant qu'il expose un ensemble de rapports de forces, n'est pas un lieu, mais plutôt un non-lieu : ce n'est un lieu que pour des mutations » (Deleuze, 1986;91)

Dans l'espace-temps, il n'y a pas de forme, puisque la forme est de l'immobile et que la réalité est mouvement. Ce qui est réel, c'est le changement continu de forme : « la forme n'est qu'un instantané pris sur une transition. » (Bergson, 1907;177) Chez Greg Lynn, le potentiel inhérent à la force vectorielle génère une nouvelle approche formelle : une géométrie topologique construit une forme en constante évolution, dynamique et mutante. Elle explore les possibilités de déploiement, les virtualités latentes de l'édifice et sa capacité de lier par une série de manipulations, de déflexions et de transformations en processus (Grosz, 2001). Lynn propose un système de surfaces déformables lié aux forces physiques comme la gravité, le vent, le soleil, les turbulences et l'intensité d'occupation dans le temps (figure 6).

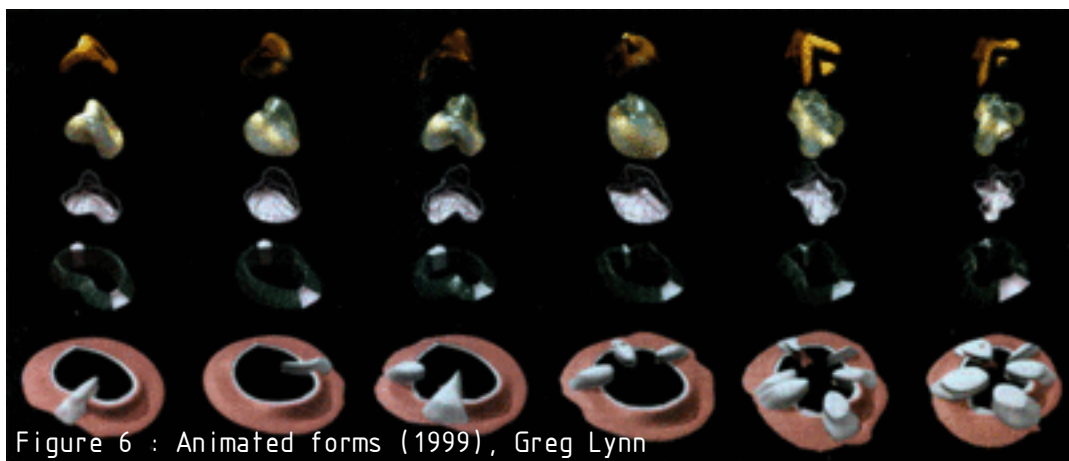


Figure 6 : Animated forms (1999), Greg Lynn

Dans son essai intitulé «*Architectural curvilinearity*» publié en 1993, Greg Lynn offre des exemples d'une nouvelle approche de design qui s'écarte de la logique de conflit et de contradiction du déconstructivisme pour développer une logique de fluidité. Ce nouveau dynamisme de connectivité se manifeste à travers le *pli*, une stratégie de design qui s'inspire de géométries Euclidiennes de départ représentées dans un espace cartésien, puis employées en tant que géométries topologiques composées de courbes et de surfaces décrites mathématiquement comme NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) (Kolarevic, 2005). La particularité des surfaces et des courbes NURBS réside dans la facilité de contrôle de la forme par la manipulation de points et de noeuds.

4.2 L'intelligence collective¹⁶

L'intelligence collective constitue un model de système auto-organisationnel présent dans les phénomènes naturels. Les réseaux composés de millier d'interactions telles que les colonies de fourmis, les essaims d'abeilles, les nuées d'oiseaux et les bancs de poissons produisent une nouvelle entité distincte de ses composantes. L'application de ce principe à un système artificiel offre des paradigmes d'ingénierie très performants quant à la résolution d'une problématique complexe.

L'auto-organisation est un processus dans lequel les agencements internes du système augmentent automatiquement sans guide ou superviseur externe. La description des systèmes biologiques s'appuie fortement sur cette notion, depuis

16 L' *intelligence collective* réfère au terme anglais *swarm intelligence* au sens de Neil Leach (2004;70)

la cellule jusqu'à l'écosystème. Cette forme de régulation typique dévoile des propriétés émergentes qui apparaissent lorsqu'une quantité simple d'entités ou d'agents coopèrent dans un environnement. Une complexité d'interaction naît de la collectivité. Les propriétés de l'émergence surviennent lorsqu'un système complexe atteint un seuil critique de diversité, d'organisation et de connectivité (Hansel, 2006;19)

Ancrée dans le discours du biomorphisme, l'émergence est un phénomène relatif aux systèmes dynamiques comportant des rétroactions constantes. C'est une science des ensembles qui ne peuvent être réduits à la somme de leurs parties lorsque l'ensemble adopte un comportement caractérisable sur lequel la connaissance détaillée de ses parties ne renseigne pas. L'équilibre du réseau interactif qui lie les différentes parties génère un tout plus grand. C'est le cas des constructions gothiques dont l'interrelation étroite des pierres d'une cathédrale permet de concevoir une forme impossible par une seule pièce. Aussi, si une pierre est retirée de l'ensemble, l'équilibre se brise et la morphologie change dans son ensemble. Plutôt que concevoir par stratification discrète de systèmes, l'émergence concède à inscrire des points de flexibilité et d'interactions déterminés par la dynamique interne propre aux propriétés de la matière. Il en résulte un caractère expressif créé par les forces latentes exposées.

«Constantly mutating, emergent systems are intelligent systems, based on integration, informational feedback loops, pattern recognition and indirect control. They challenge the traditional concept of systems as predetermined mechanisms of control, and focus instead on their self-regulating adaptive capacity.(Leach, 2004;72)»

L'indivisibilité et l'irréversibilité des ensembles dits émergents – que ce soit des structures, des comportements, des organisations ou de propriétés

- constituent la particularité du phénomène. En effet, l'émergence réfère de façon universelle à des principes ou lois très simples qui dictent à l'ensemble des parties du système une organisation cohérente et ainsi produit un nouveau comportement, différent des lois comportementales des parties. En architecture, les phénomènes d'émergence sont important dans la compréhension de relations complexes tant au niveau des organisations culturelles, politiques, économiques et urbaines que de leurs interactions mutuelles.

4.3 La surface comme structure : expérimentation matérielle des phénomènes complexes biomorphiques

La dialectique entre la surface et la structure provient du discours classiciste. En effet, l'émancipation de l'enveloppe permet un jeu décoratif fondé sur l'ornementation en façade dans l'établissement d'ordres esthétiques. Déjà, le style Classique (dont l'approche moderniste de l'architecture tire parti, ne questionnant que l'ornementation) effectue cette séparation. À l'opposé, les constructions gothiques ont principalement comme base une interdépendance de la structure et de la matérialité surfacique. L'apparence squelettique expose les forces structurales. Selon Leach (2004), le style Classique concerne la représentation tandis que le Gothique fait état du processus constructif et structural.

Le caractère gothique ne se définit pas par le style mais plutôt par sa méthode. L'architecture hors d'une représentation prédéfinie résulte en une formalisation de la dynamique des forces. De plus, cette approche se caractérise

par une manipulation de la matière alors que la méthode classique préfère un niveau d'abstraction et de simplification, le dessin. La matière contient une force structurale intrinsèque dont il est possible d'exploiter afin de générer une structure étroitement liée au matériau lui-même. Le caractère émergent des matériaux sert à produire à partir des parties un ensemble nouveau, un potentiel.

« To think about the origin of form and structure, not as something imposed from the outside on an inert matter, not as a hierarchical command from above as in an assembly line, but as something that may come from within the materials, a form that we tease out of those materials as we allow them to have there say in the structure we create (De Landa cité par Leach, 2004)»

Selon Spuybroek (2005), depuis que la matière fonctionne comme « agent », il leur est essentiel de conserver une certaine flexibilité, donc une quantité de liberté d'action. Toutefois, cette liberté doit être contenue et limitée à la structure de la machine elle-même. Les interactions matérielles résultent fréquemment en géométrie basée sur les complexités comportementales liées à l'élasticité et la viscosité (Kolarevic, 2005). Un processus plus intuitif, une heuristique, est nécessaire afin de trouver ces morphologies.

La recherche formelle basée sur une activation des forces latentes peut s'effectuer à l'aide de modèles matériels. En effet, les modèles analogiques (modèles de la chaînette) générés par Antonio Gaudì (principalement entre 1898 et 1908) rendent compréhensible le comportement des matériaux inter-reliés entre eux. La réponse formelle expose une morphologie structurale optimale dont les charges sont en pure compression, c'est-à-dire des voûtes. L'actualisation des forces potentielles (de la gravité) détermine l'aspect formel final à l'instar de la

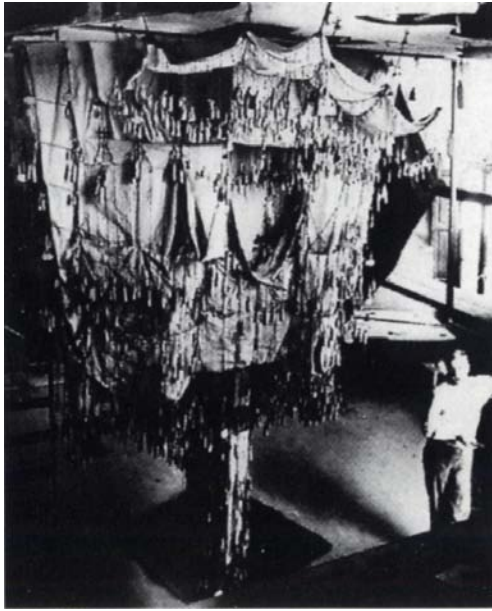


Figure 7 : Modèle analogue basé sur l'équation de la chaînette, Gaudì

cathédrale Sagrada Familia (figure 7).

Pour le projet SoftOffice de NOX, un procédé similaire conduit à une compréhension des comportements élastiques et visqueux. Le procédé combine la technique surface-ligne (vernis) et la laine mouillée. Le vernis hautement visqueux permet, lorsqu'il sèche, d'incorporer formellement l'information générée par les interactions entre la surface et les brins de laine. (figure 8) Le modèle fonctionne comme un système composé d'interactions complexes.

« All features are formed simultaneously. The holes are not taken out later but they are formed together with the various materializations in the system. The system is calculating everything at the same time, solid and void, during the same process, through thousands of minutes iterations, where each positioning is dependent on the the formation of another. Order and form are produced, they come about, they emerge during the process. (Spruybroek dans Kolarevic, 2005;168) »

Adopter une approche structurale consiste à traduire une topologie formelle en système structural. Cette structure demeure immatérielle puisqu'il s'agit de lois structurales appliquées à une morphologie. Afin de dessiner ces stress à la surface, le recours à des technologies informatiques analytiques est essentiel. Le transfert de la surface à la structure demeure toutefois une approche principalement en aval du processus. Certains procédés informatiques peuvent parer à cette lacune et influencer directement sur la création de la structure, simultanément à l'incubation morphologique. Le transfert de données d'analyses

issues de mutations et soumis à une ré-écriture ouverte n'offre souvent pas la dimension constructive qui sert de lien avec la fabrication. Philippe Morel (2006) utilise *Mathematica* pour générer une optimisation matérielle. Ce logiciel, conçu en partenariat avec des informaticiens, permet de réorganiser les données de façon à traduire un système constructif cohérent. Les différents algorithmes employés facilitent l'évaluation des coûts, la coupe et l'assemblage (figure 9).

4.4 Vers une architecture non-standard¹⁷

Le transfert de l'environnement digital à la réalité construite rencontre certaines difficultés dans l'industrie. La « non-standardisation » des topologies générées par algorithme se trouve contrainte de modifier ou fragmenter

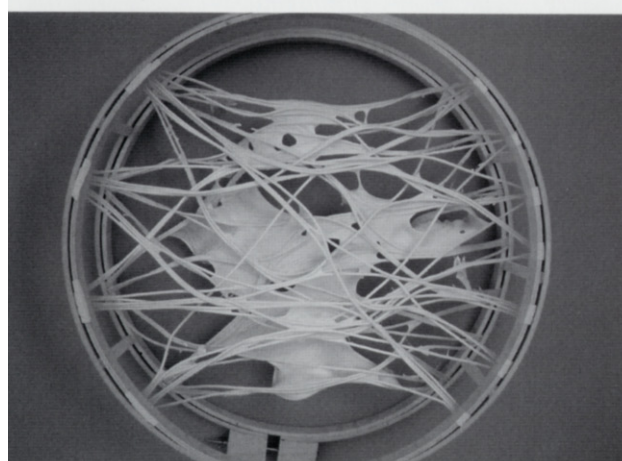
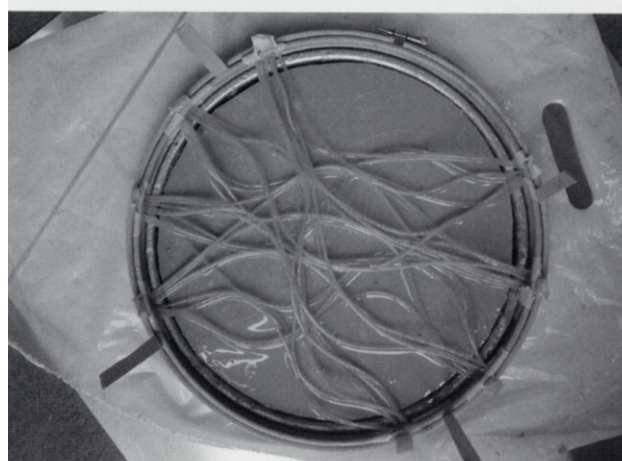
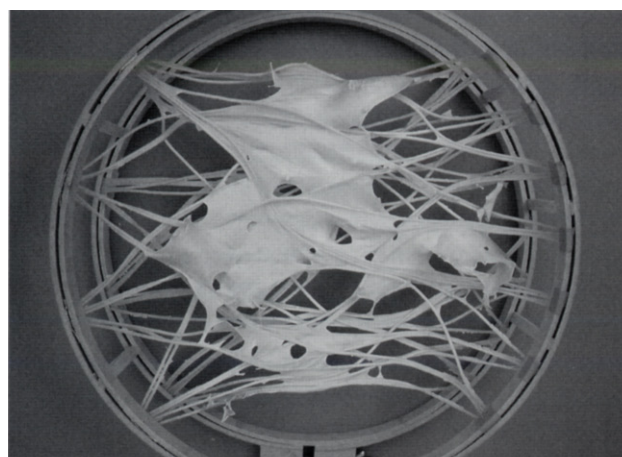


Figure 8 : Modèles analogues utilisant la combinaison de techniques de vernis, lacque, caoutchouc et laine mouillée pour SoftOffice (2000), NOX

¹⁷ Les architectures non standard réfèrent à l'exposition du même nom présentée au centre Pompidou à Paris entre le 10 décembre 2003 et le 1er mars 2004

en pièces structurales les surfaces bi-dimensionnelles ou tri-dimensionnelles. Comme le démontre Kolarevic (2005),

«The ability to mass-produce irregular building components with the same facility as standardized parts introduced the notion of mass-customization into building design and production (it is just as easy and cost-effective for a CNC milling machine to produce 1000 unique objects as to produce 1000 identical ones).»

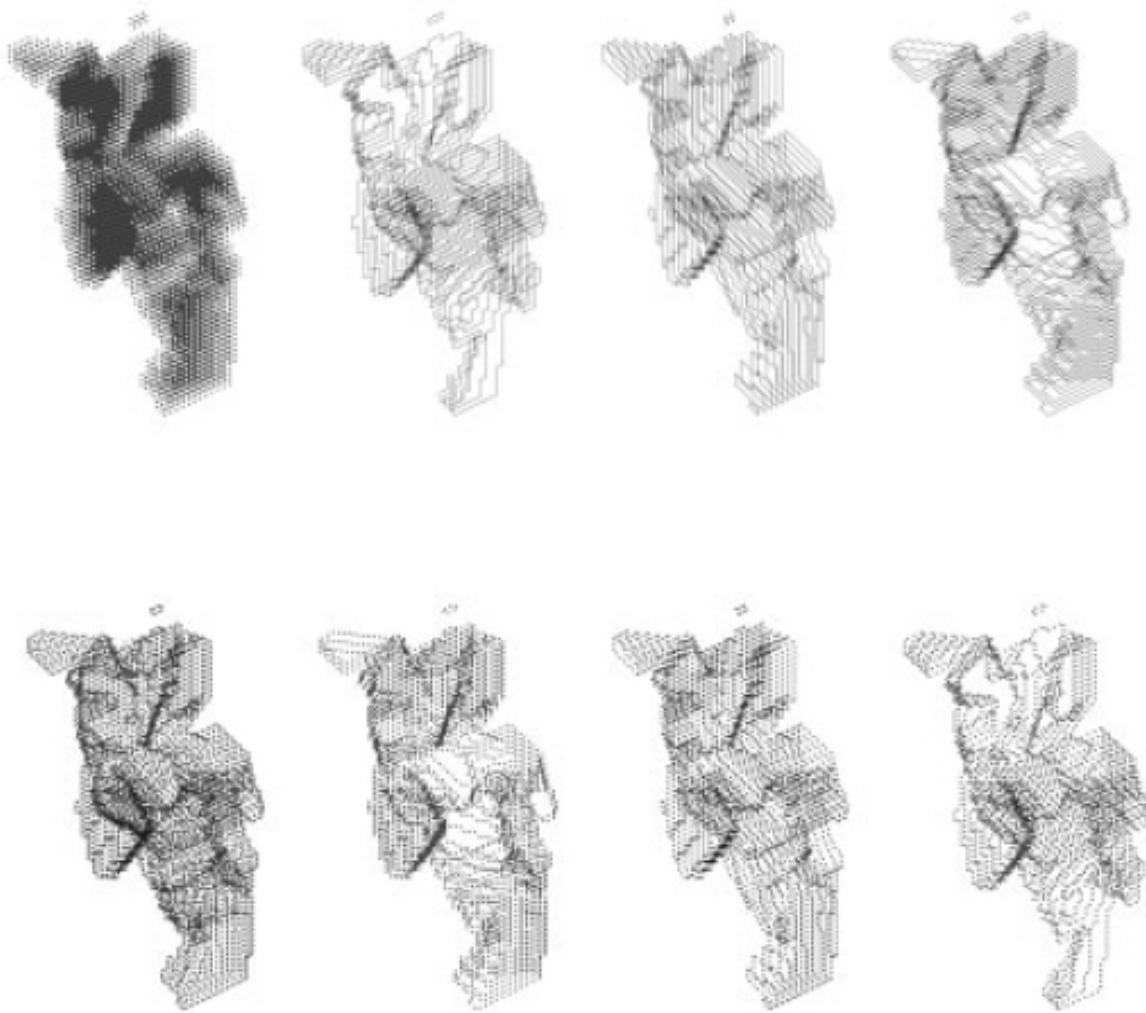


Figure 9 : Étude de données du modèle de chaise Bolivar généré par algorithmes génétiques (2004), EZCT Architecture & Design Research

La personnalisation de masse réfère parfois à une systématisation du processus comparable à la production de masse de biens et services individualisée, c'est-à-dire qu'elle tend à accroître la diversité de produits offerts. Parallèlement, le processus de production dirigé par ordinateur (CNC) permet l'individualisation de chacune des pièces à tailler de façon non-standard puisque la complexité se génère en amont du processus, lors de la création de pièces digitales. Cette nouvelle logique de production en série, introduite au discours architectural contribue ainsi à faciliter le transfert des géométries complexes issues de procédés algorithmiques.

Le conditionnement réfère au processus d'apprentissage par lequel le comportement de l'organisme devient dépendent en la présence de stimulus dans l'environnement. L'équilibre entre le comportement et l'environnement nécessite ainsi une calibration soigneusement ajustée afin d'optimiser la relation. Par extension à l'architecture, cet équilibre peut être incorporé dans les propriétés des matériaux et par une logique d'assemblage.

« Self-organisational and behavioural capacity of the built environment can thus be facilitated by a related material, manufacturing and assembly approach. This must be based on a related understanding and utilising material characteristics, behaviours and capacities, and ranges from using existing materials in different ways, to using computer-aided manufacturing (CAM) technologies strategically and, finally, to designing materials with greater performance capacities.» (Hansel, 2006;11)

4.5 Optimisation : l'architecture évolutive basée sur la performance constructive

Les nouvelles approches digitales appliquées au design architectural se sont

constituées sur des concepts informatiques tels que l'espace topologique (architecture topologique), les surfaces isomorphiques (architecture isomorphique), les séquences cinétiques et dynamiques (architecture animée), les animations de primitives (architecture métamorphique), le design paramétrique (architecture paramétrique) et les algorithmes génétiques (architecture évolutive). Greffée à ces concepts, une nouvelle taxonomie constituée de processus basés sur la performance complète la liste de transformations morphologiques (Kolarevic, 2005). Les algorithmes de simulation ciblent les domaines des flux thermiques, de l'environnement lumineux, de la structure et de l'accoustique.

L'usage du CAO (conception assistée par ordinateur) s'est largement immiscée dans le processus de design en architecture. Toutefois, son utilisation succède majoritairement à la conception; l'informatique sert bien plus de support à la représentation architecturale. Dans l'optique de maximiser les performances d'un édifice, des outils informatiques de simulation se sont développés. C'est principalement une opération d'optimisation *a posteriori* qui permet d'élever les standards architecturaux. Le potentiel offert par de tels instruments appliqués à un design actif n'a cependant pas encore été exploré suffisamment. L'introduction de logiciels algorithmiques capable de modifier les paramètres architecturaux rend aujourd'hui possible la manipulation du résultat formel et de ces performances architecturales en amont du processus de création. « We reinterpret the computer, not as a nomadic machine¹⁸, but as a « population » of smaller, nomadic components operating within the logic of swarm intelligence (Leach, 2004;75)».

18 Cette expression se réfère aux agencements machiniques associés à l'évolution rhizomatique, mis de l'avant par Deleuze et Guattari (1980) selon lesquels la capacité de s'adapter et d'auto-réguler constituent un processus continuellement ajusté.

Les architectures évolutives proposent un modèle analogue aux processus biomorphiques présents dans l'environnement naturel pour définir une forme performante. Ce regard envers la conception architecturale convertit en règles de génération les concepts permettant une évolution et un développement balisé à l'aide d'outils informatiques. L'usage de modèles analogiques contribue à accélérer le processus de vérification. De plus, les nombreux paramètres sont cryptés dans une *structure-réseau* (représentant une forme de treillis irrégulier et dense) et leurs valeurs se modifient au cours du processus génératif. Une série de formes similaires résultent de différents moments d'altération – à l'image d'une population de pseudo-organismes – puis font l'objet d'une sélection prédéfinie par des critères de qualité ou de performance. Il s'agit donc d'une famille d'organismes hybrides issues de mutations et de croisements génétiques qui ont survécu à la sélection. Seul un petit nombre de génération offrira une solution optimale.

Selon Ali M. Malkawi (2005;92), la participation active des outils de simulation axés sur la performance en cours de processus de design réfère à un design évolutif combinant quatre approches : l'évolution du design, l'évaluation des performances, la visualisation formelle et l'évaluation du design. Lors du processus de génération de la forme, le concepteur peut intervenir à tout moment et arrêter la transformation. Ainsi, le concepteur devient en quelque sorte l'«éditeur du potentiel morphogénétique du système généré, ou le choix des formes émergentes est largement dirigé par les objectifs de performance à atteindre du projet et la sensibilité esthétique et plastique du concepteur (Kolarevic, 2005;200)».

Pour Kristina Shea (2002), ingénieur à l'Université de Cambridge (UK), le

processus de design passe par l'optimisation stochastique par le biais d'algorithmes génétiques. Créatrice de eifForm, elle travaille à construire une interface capable de réitérer un design structurel à partir d'une grammaire préétablie. Les règles d'évolution grammaticales sont dérivées de l'étude de modèles géodésiques et de conception de dômes à travers le mode de connectivité des arrêtes. Il s'agit d'un mode de design évolutif qui modifie la conception initiale pour améliorer certains critères de performance telles que l'efficacité structurale, l'économie de matériaux, l'uniformité dans le dimensionnement des membrures tout en se limitant aux contraintes de faisabilité technique (figure 10).

Le logiciel EifForm combine à la fois une grammaire formelle qui définit des lois évolutives (selon lesquels une structure en treillis passe d'un stade à l'autre) et une technique d'optimisation appelée *cristallisation simulée* (simulated annealing , Kirkpatrick (1983)). Le processus simule donc une grande quantité de changements aléatoires générés par une grammaire, en mesure leur performance et sélectionne les stades les plus optimaux. La distance de déviation entre la génération et l'idéal se trouve graduellement réduite à mesure que le processus avance. Le principe de réinscription relate de la complexité des interactions construites dans le continuum co-évolutif.

La procédure qui combine à la fois une recherche formelle et une expressivité structurale utilise la simulation afin de générer une famille d'algorithmes évolutifs. Ce mécanisme favorise l'émergence d'une nouvelle topologie fondée sur les conditions naturelles d'évolution. De plus, l'optimisation présente en co-évolution le processus et le résultat constamment réitéré.

«The software's code meant that the stochastic evolutionary optimisation protocols of the «structural shaping annealing» features of the software could be modified, improved and, most importantly, adapted to correspond to O-S-A's research objectives. » (Sprecher, 2006;32)

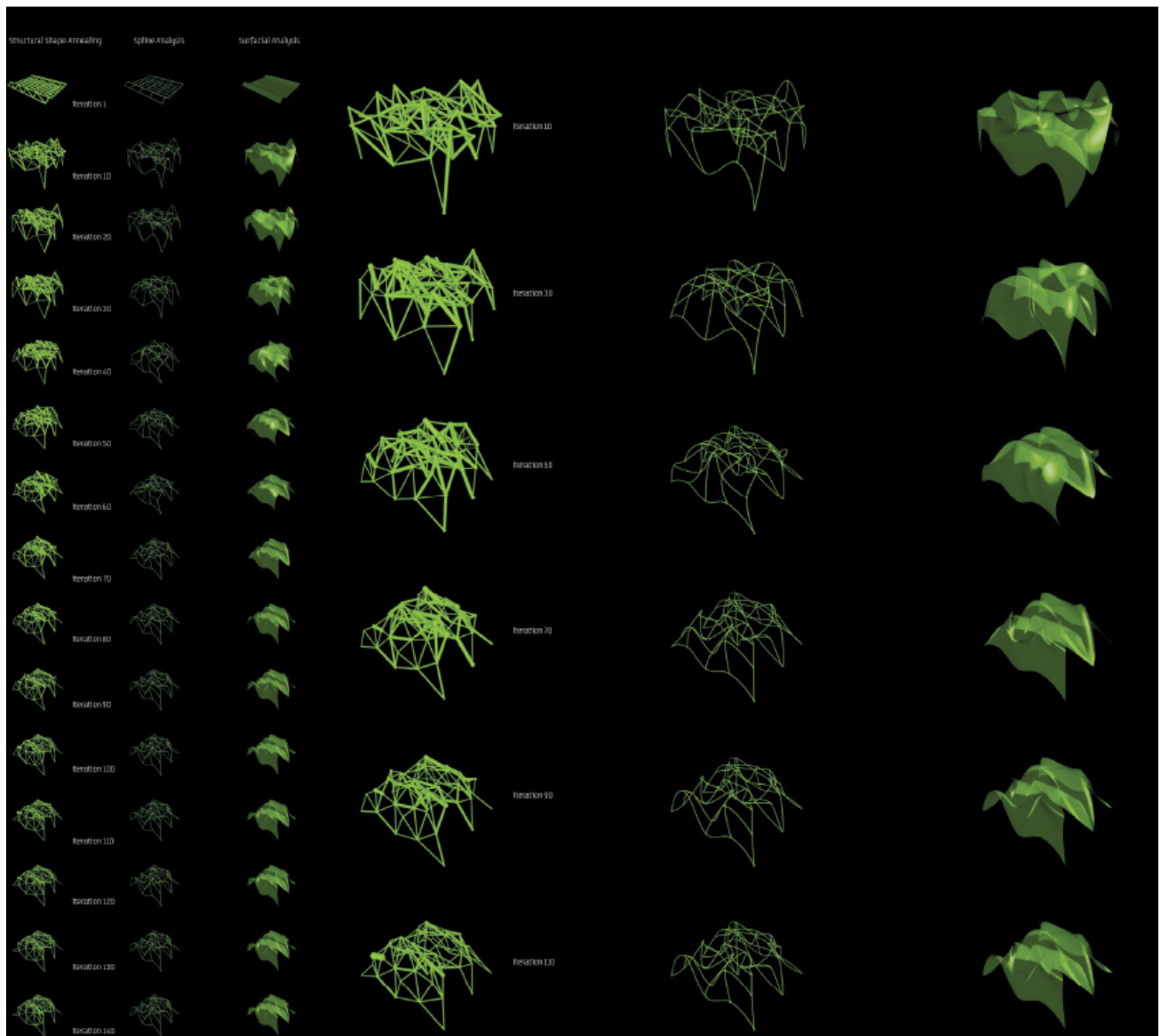


Figure 10 : Itération sous EifForm du Hylomorphic project (2006), OpenSource Architecture

Mutations géographiques : une approche géo-digitale du projet d'architecture

L'approche traditionnelle du projet d'architecture (analyse de site, implantation, organisation des fonctions, esquisses tri-dimensionnelles, matérialité des façades, etc.) est reliée aux outils de conception et se révèle désuète alors que de nouveaux instruments technologiques font leur apparition dans le secteur de la construction. Les tentatives d'intégrer une méthode de construction digitale au projet (voir les planches du projet soumis à la critique en annexes) génèrent en effet une réorganisation du processus de conception et nécessite une prise de position personnelle quant à la place qu'occupe la stochastique lors de l'utilisation de l'informatique à des fins de design.

L'intération de manipulations digitales relève d'un processus arbitraire qui se compare à une mutation, c'est-à-dire que les points de mutabilité ou d'émergence (Bergson, 1907) se révèlent à travers les étapes de transformation. Il est donc possible de lire le processus et d'interférer sur ce dernier afin d'illustrer les points critiques que sont les seuils de mutabilité. La mise en image du projet de la Traverse Québec-Lévis à Lévis comporte une série de représentations architecturales dont la séquence «chrono-morphologique» concorde avec les positions décisionnelles assumées lors de la conception.

5.1 L'hypercarte : étude de l'immatérialité géographique

L'hyper-carte¹⁹ permet d'effectuer un premier relevé géo-historique de l'emplacement du secteur de la traverse de Lévis (figure 11). Suite à l'extraction des données provenant de la lecture du site, une abstraction de l'information s'opère lors du transfert de l'étape analytique au processus digital de formation. Cette étape constitue une synthèse et une orientation des paramètres qui mèneront à terme une organisation morphologique ainsi qu'une validation des choix ultérieurs. Il est crucial de bien cibler l'élément dominant qui servira d'information dont est extraite une grammaire morphologique qui incarne les fondements de la structure. À l'image du codage génétique (voir chapitre 2.2 : La loi de l'hérédité), l'empreinte géographique est encrypté en informations digitales.

19 L'hyper-carte sert à illustrer les schémas, diagrammes ou cartographies mettant en relation des trajectoires et des réseaux qui relèvent de l'invisible et de l'immatériel ; c'est une carte de l'information en cours d'actualisation (voir chapitre 3.2 : Les hyper-cartes, représentations de l'invisible).



Figure 11 : Hyper-carte - combinaison des traces historiques de 1850, 1964 et 2006 (voir annexe)

Le travail en «boîte noire» est ici prescrit dès le début du processus de conception, ce qui alloue une plus grande flexibilité des choix de design et confère à l'objet architectural résultant des traces encore plus visibles du traitement digital. Les paramètres locaux conditionnent en amont du processus les développements morphologiques.

Le transfert des connaissances acquises lors de l'interprétation ou de l'analyse des paramètres amplifie les notions d'ambiguïté et de fragmentation de l'information préalablement étayée. Le projet évolue d'après une complexité d'inter-relations qui souvent se situent dans une frange bien précise de la problématique. Ces informations s'avèrent donc incomplètes et le «superviseur du processus» se doit d'effectuer une interprétation significative de l'objet créé en vue d'une actualisation puis d'une réintroduction dans un contexte géographique. L'utilisation de nouveaux outils technologiques ne constitue pas un gage de clareté ; il s'agit de réintroduire une recherche créative selon laquelle il est possible de générer une multitude d'images séquencelles de transformation.

Par-delà l'interface, l'architecture digitale se programme selon des algorithmes précis et dictés, de manière consciente ou non, par le concepteur. Une programmation plus complexe ne dirige pas nécessairement le projet vers une clareté mais amplifie le rôle des paramètres dans l'évolution de la syntaxe morphologique. Les logiciels disposent maintenant de plusieurs de ces algorithmes, voire des *plug-ins*, qui rendent plus intuitif le travail de conception. Déjà généré par des points volontairement disposés dans l'espace²⁰, le projet de la Traverse de

20 Ces points constituent la première esquisse spatiale en réponse aux paramètres déduits de l'hyper-carte. Il s'agit d'une prise de position sur l'emplacement, la superficie à occuper et les trajectoires organiques et organisées.

Québec-Lévis à Lévis s'édifie à travers un calcul de triangulation de la forme (NURBS) préalablement courbe (figure 12). La topologie résultante sert ainsi de prémisses à la simplification formelle selon une variation minimum des angles entre chacune des surfaces triangulées (figure 13).

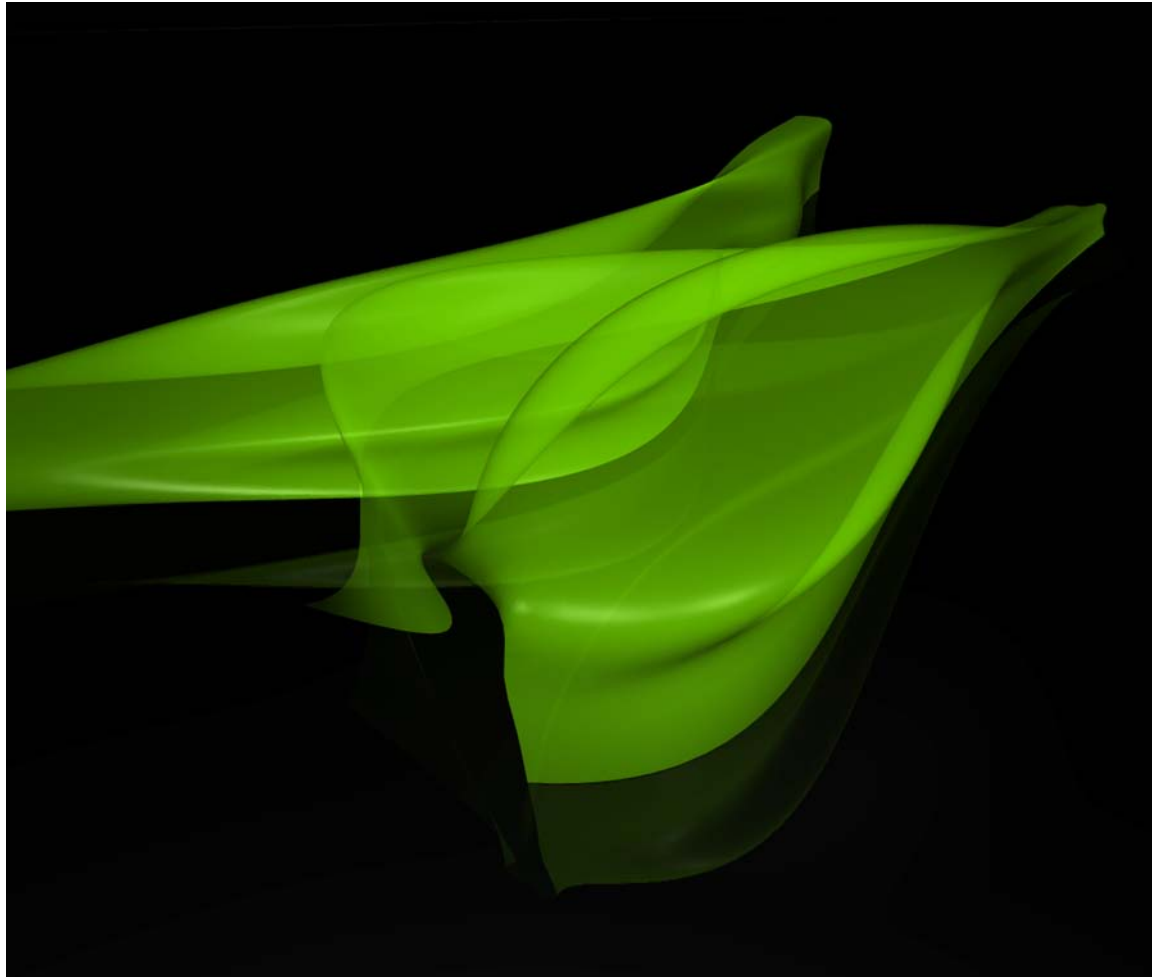


Figure 12 : Courbe paramétrique générée par les trajectoires (orientation axiale)

Même si le processus employé dans ce cas-ci remet en question une approche plus traditionnelle du projet d'architecture, la réflexion sur la conception demeure sensiblement la même. Suite à une série de choix de design soumis à des boucles de rétroaction sur les décisions préalablement prises, le processus de conception ne se réduit pas à un mode d'emploi entièrement géré par une machine. Au contraire, la place de l'arbitraire semble plus que jamais présente.

5.2 De l'arbitraire dans le processus de conception architecturale

Le processus de création qui mène à une forme architecturale n'est pas linéaire et encore moins scientifique. Les nombreuses boucles de rétroaction qui lui sont associées confirment l'irrégularité d'une méthode basée sur l'évaluation consciente. Seul le résultat final nécessite une cohérence globale alors que le processus demeure une exploration du potentiel parsemé d'incomplétudes et d'ambiguïtés²¹. Le design comporte une grande partie de sa recherche sur l'intuition quant à la dimension esthétique.

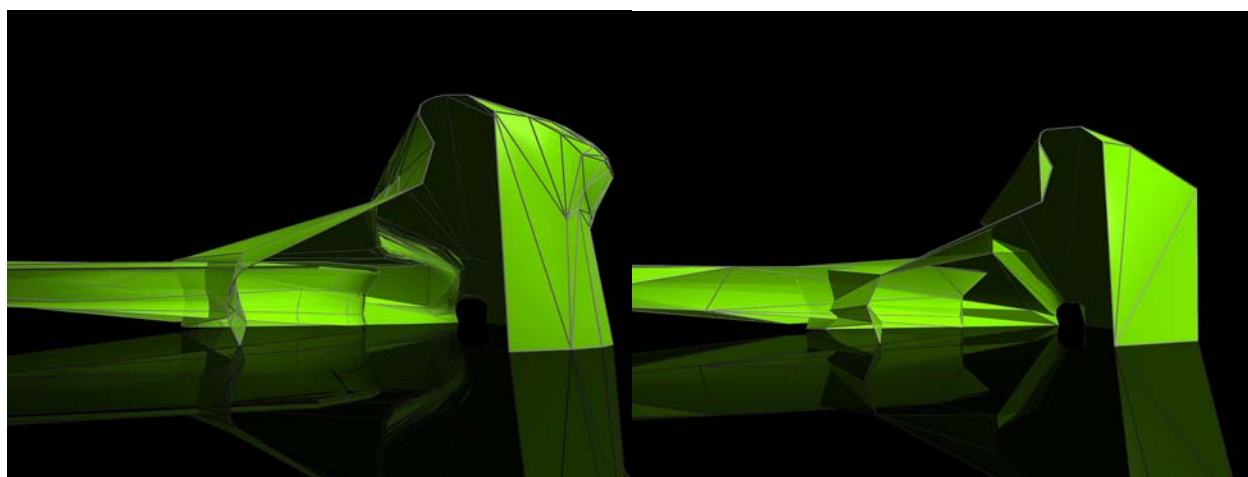


figure 13 : Résultats morphologiques à différents stades de simplification (10° et 20°)

Alors que l'informatique fait partie intégrale du processus de design architectural, la préoccupation méthodologique de l'ambiguïté ne semble pas être remise en cause dans la recherche de nouvelles formes non-standards. L'arbitraire

21 d'Après la thèse de maîtrise de Kenny Verbeeck (2006), «Randomness as a generative principle in art and architecture» supervisée par Georges N. Stiny du Massachusetts Institute of Technology.

des choix de design, peu importe le médium utilisé, semble au contraire alimenter et stimuler la (ré)interprétation.

La spéculation est d'autant plus grande lorsque les paramètres de design ne sont pas architecturaux mais plutôt une abstraction contextuelle calculée à l'aide de méthodes informatiques génératives. D'après Kolarevic (2005;195),

«Instead of working on a parti, the designer constructs a generative system of formal production, controls its behaviour over time, and selects forms that emerge from its operation. The emphasis shifts from the «making of form» to the «finding of form», which various digitally-based generative technics seem to bring about intentionally.»

5.2.1 Une métaheuristique

De méta - au-delà de, plusieurs - et heuristique - du grec *heuriskein* qui signifie trouver - la métaheuristique est la science rassemblant des méthodes génériques qui contribuent à optimiser différents problèmes selon certains algorithmes. Le développement d'une forme de maximisation selon des procédés aléatoires dits stochastiques est le résultat d'une hybridation avec les paramètres locaux. C'est donc le regroupement de plusieurs heuristiques combinées aussi appelées grammaires spécialisées. Les métaheuristiques composent une famille d'algorithmes d'optimisation visant à résoudre des problèmes d'efficacité difficiles issus de la recherche opérationnelle pour lesquels on ne connaît pas de méthode classique plus efficace.

Les métaheuristiques sont souvent inspirées par des systèmes naturels basés sur les notions en biologie de l'évolution (algorithmes génétiques) ou encore en éthologie (comme c'est le cas des algorithmes de colonies de fourmis ou de

l'optimisation par essais) dont l'approche méthodologique alimente le discours sur l'émergence. L'algorithme sera considéré comme faisant partie de la classe des algorithmes évolutionnaires s'il manipule une population via des opérateurs, selon un algorithme général donné. Il est question d'opérateurs pour toute action modifiant l'état d'une ou plusieurs solutions. Un opérateur édifiant une nouvelle solution sera dénommé *générateur*, alors qu'un opérateur modifiant une solution existante sera appelé *mutateur*. Dans cette optique, la structure générale des algorithmes évolutionnaires enchaîne des étapes de sélection, de reproduction (ou croisement), de mutation et enfin de remplacement. Chaque étape utilise des opérateurs plus ou moins spécifiques.

La proposition de Greg Lynn pour le projet du New York Port Authority Bus Terminal (1996) se fonde sur la présence d'outils permettant de poussé à son paroxysme les notions d'ambiguïté et d'aléatoire. Explorant les capacités techniques et technologiques afin de faciliter la conception de formes et de courbes complexes, l'usage d'algorithmes génère une forme de détachement décisionnel de la part de l'auteur. La méthode employée suggère une séries de lois selon lesquelles le développement de la forme est contrainte. Après de nombreux ajustements, le concepteur observe le développement des mutations morphologiques (dans ce cas, la disposition des particules) à travers l'écran d'ordinateur et évalue ou réévalue les paramètres de départ afin de produire une séquence formelle près des intentions de départ de l'auteur.

Conclusion

En somme, l'arrivée de nouvelles méthodes de design fondées sur une approche stochastique offre la possibilité de découvrir de nouveaux territoires par le biais de l'exploration conceptuelle dans le design architectural. L'usage de processus hors de l'architecte remet toutefois en question le rôle de ce dernier dans la conception architecturale. Assigné à visionner l'écran d'ordinateur, il perd un peu de son statut de démiurge créateur ; il acquiert plutôt celui de superviseur du processus qui parraine la formation de l'architecture. Néanmoins, la dépendance envers ces instruments de travail contribue à freiner l'émergence d'une telle approche.

Les algorithmes génétiques ont beaucoup à offrir dans la mesure où le discours de l'optimisation des conditions environnementales se rallie à celui du développement durable. L'émergence partage cette approche holistique qui tend à inclure différents intervenants dans le processus architectural. La profession s'engage dans une voie multi-performative où chaque partie doit utiliser un langage compatible et les mêmes outils afin de faciliter les interactions entre elles. Enfin, le retour à des considérations structurales permet une nouvelle forme de collaboration entre architecture et ingénierie, une forme de synergie d'où pourrait émerger une vision hybride.

Bibliographie

- Bergson, Henri.** (1959) *L'évolution créatrice*, Paris : Les presses universitaires de France, 86e éd. [1907].
- Brayer, Marie-Ange et Béatrice Simonnot.** (2003) *Archilab's earth buildings : radical experiments in land architecture*, London : Thames & Hudson.
- Canguilhem, Georges.** (1965), *La connaissance de la vie*, 2e éd. Paris : Librairie philosophique J. Vrin.
- Cauquelin, Anne.** (2002), *Le site et le paysage*, Paris : Presses universitaires de France.
- De Certeau, Michel.** (1980) *L'invention du quotidien, 1/ Arts de faire*, collection 10/18 Paris: UGE ; Nouv. Édition: Id., Paris: Gallimard, Folio, Poche, 1990
- Deleuze, Gilles et Félix Guattari.** (1980) *Milles plateaux*, Paris : Minuit.
- Deleuze, Gilles** (1986), *Foucault*, Paris : Minuit.
- De Solà-Morales, Ignasi.** (1998c) « Liquid architecture » In : Davidson, Cynthia, *Anyhow*, New York : Anyone Corp. ; Cambridge, Mass. : MIT Press, 36-43
- Gausa, Manuel** dir. (2003), *The Metapolis Dictionary of Advanced Architecture*, Barcelone : Actar.
- Grosz, Elizabeth.** (2001), *Architecture from the outside : essays on virtual and real space*, Cambridge, Mass. : MIT Press.
- Hegel, G.W.F.** (1979) *Esthétique vol.2*, Paris : Flammarion.
- Hensel, Michael.** (2006) « Toward self-organisational and multiple-performance capacity in architecture » In : *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Architectural Design, Chichester: Wiley, 76: (2), 5-11
- Hensel, Michael.** (2006) « Computing self-organisation : environmentally sensitive growth modeling » In : *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Architectural Design, Chichester: Wiley, 76: (2), 12-17
- Hensel, Michael.** (2006) « Synthetic life architectures : Ramifications and potentials in literal biological paradigm for architectural design » In : *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Architectural Design, Chichester: Wiley-Academy, 76: (2), 18-25
- Hensel, Michael et Archim Menges.** (2006) « Differentiation and performance : multi-performance architectures and modulated environments », In : *Techniques and Technologies in Morphogenetic Design*, Architectural Design, Chichester: Wiley-Academy, 76: (2), 60-69
- Ho, Mae-Wan.** (1997) « The New Age of the Organism ». Architectural Design, C. Jencks, ed., New York: John Wiley and Sons, Inc. 71: (9-10), 44-51.

- Kolarevic, Branko et Ali M. Malkawi.** (2005) *Performative architecture. Beyond instrumentality*, New York : Spon Press.
- Kwinter, Sanford.** (1998c) « Leap in the void : A new organon », In : Davidson, Cynthia, *Anyhow*, New York : Anyone Corp. ; Cambridge, Mass. : MIT Press, 22-27
- De Landa, Manuel.** (1992) « Non-organic life », In : Kwinter, Sanford et Jonathan Crary eds. *Incorporations n°6*, New York : Zone. 129-167.
- Leach, Neil et al.** (2004) *Digital tectonics*, Chichester : Wiley-Academy.
- Lootsma, Bart.** (2000) « Le nouveau paysage », In : Koolhaas, Rem. *Mutations*, Barcelone : Actar.
- Morel, Philippe** (2006) « Computational intelligence : The grid as a post-human network », In : *Collective Intelligence in design*, Architectural Design, Chichester : Wiley-Academy, 76 : (4), 100-103.
- Merleau-Ponty, Maurice.** (1964), *Le visible et l'invisible*, Paris : Gallimard.
- Open Source Architecture.** (2006), « The Hylomorphic project », In : *The Gen(H)ome project*, Los Angeles : MAK Center, Catalogue de l'exposition tenue de mars 2006 à février 2007.
- Patteeuw, Véronique.** (2003) *Reading MRDV*, Rotterdam : NAI Publishers.
- Picon, Antoine.** (2003) « Architecture, sciences, technology and the virtual realm », in : Picon, Antoine et Alessandra Ponte éd. *Architecture and the Sciences: Exchanging Metaphors*, New York: Princeton Architectural Press, 292-313.
- R,DSV&Sie.P.** (1998) *Mutations @ morphes R, DSV & Sie P.*, Orléans : HYX, Publ. à l'occasion de l'exposition tenue du 12 octobre au 24 décembre 1998 au FRAC (Fonds régional d'art contemporain du centre).
- Roche, François et R&Sie,** (2004) *Spoiled climat*, Basel : Birkhauser.
- Serres, Michel.** (1980) *Le Parasite*, Paris : Grasset.
- Shea, Kristina.** (2002) « Digital canopy : high-end computation/low-tech construction », *ARQ*, 6 (3), 230-245.
- Silver, Mike et Diana Balmori.** (2003), *Mapping in the age of digital media : The Yale Symposium*, Chichester : Wiley-Academy.
- Sina, Adrien** (2000), « Paysages d[é]toxiques : agressions mutagènes, collisions génétiques entre communauté de vivants sociaux », In : *Tragédies charnelles : Nature et écologie*, La Mazarine, Paris : éd. du Treize Mars, n°30, mars 2000, 106-111.
- Teyssot, Georges.** (2005) « Architecture au corps : entre la prothèse et le parasite » In : *Perspective, Projections, Projet. Techniques de la représentation architecturale*, sous la dir. de Mario Carpo et Frédérique Lemerle, actes du colloque de Tours (juin 2003), Les Cahiers de la recherche architecturale et urbaine (CRAU), Paris : Monum, Éditions du patrimoine, n°17, sep-

tembre 2005, 163-176.

Teyssot, Georges. (1995) « The mutant body of architecture » In : Diller + Scofidio. *Flesh: Architectural Probes*, New York: Princeton Architectural Press, 8-35.

Van Berkel, Ben et Caroline Bos. (1999) *Move - Imagination : Liquid politic*, Amsterdam : UN Studio & Goose Press.

Médiagraphie

Stalker : « Territoires actuels », www.stalkerlab.it/ (12 décembre 2006)

Annexes

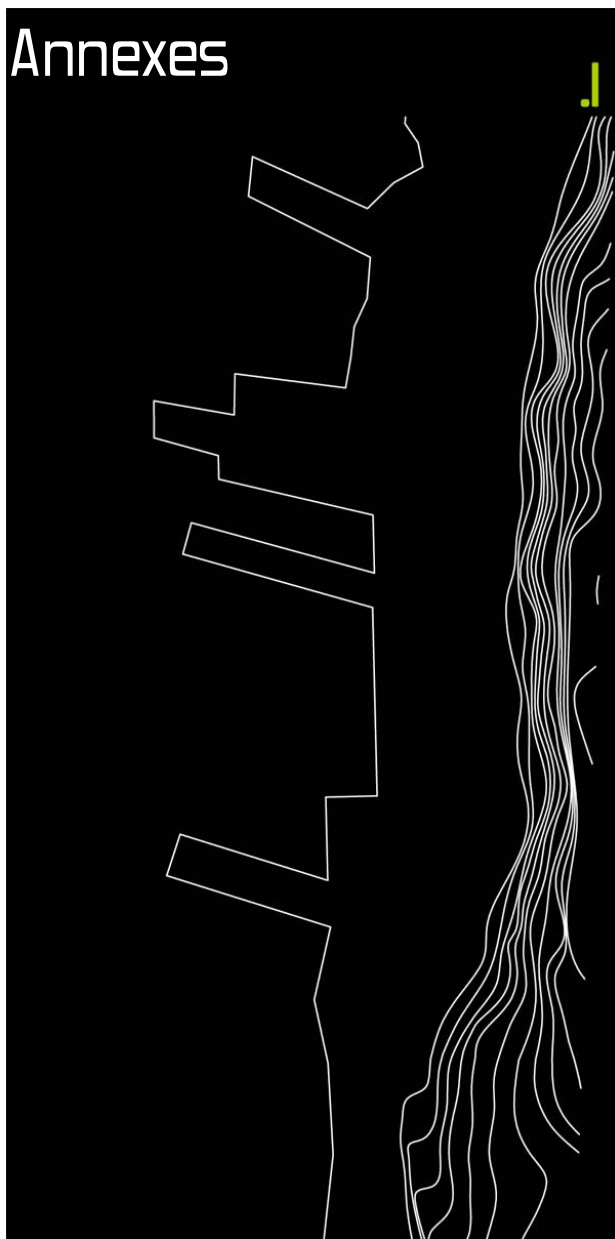


Figure 14 :
1850 : Apogée des chantiers navals

L'implantation **perpendiculaire** permet une croissance des terres artificielles vers le fleuve. Les liens tentaculaires projettent une **distribution rhizomatique** des flux de transport entre le fleuve et le réseau viaire.



Figure 15 :
1964 : Apogée industrielle

L'implantation des constructions industrielles se concentre autour de la voie ferrée, **longitudinale** au fleuve. La croissance demeure par **simple ramification** à un flux dominant faisant abstraction du fleuve. Trois réseaux se juxtaposent parallèlement : viaire, ferroviaire et fluvial.



Figure 16 :
2004 : État surfacique des stationnements

La disparition des industries génère une friche industrielle à l'abandon, occupée par des stationnements. L'occupation du site est **surfacique**. L'espace lisse devient une **zone de trajectoires** rythmées par l'action économique et les pulsions du traversier.

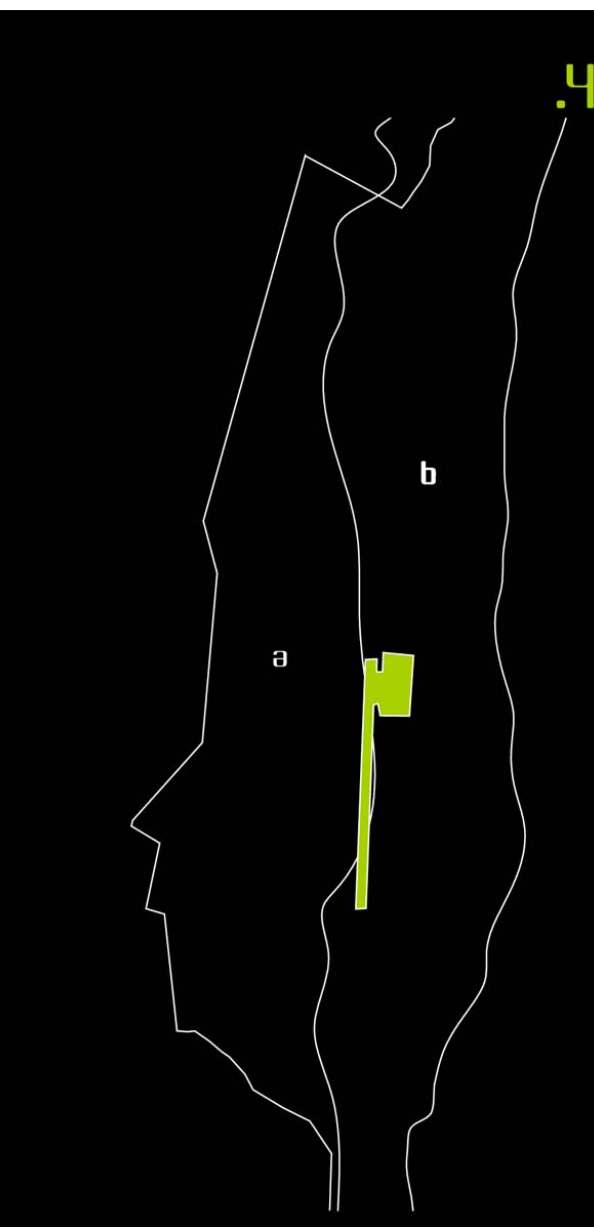


Figure 17 :
2007 : Ruinification du paysage

L'espace devient un **paysage touristique** où se juxtaposent les fragments historiques et les points de vues sur l'extérieur. La **projection télescopée** de Québec combinée à celle de Lévis confère à l'emplacement un lieu d'activité immobilière prisée des investisseurs.



Figure 18 : Orthophoto du site de la Traverse à Lévis, 2004



Figure 19 : Étude du comportement élastique d'une membrane d'acrylique

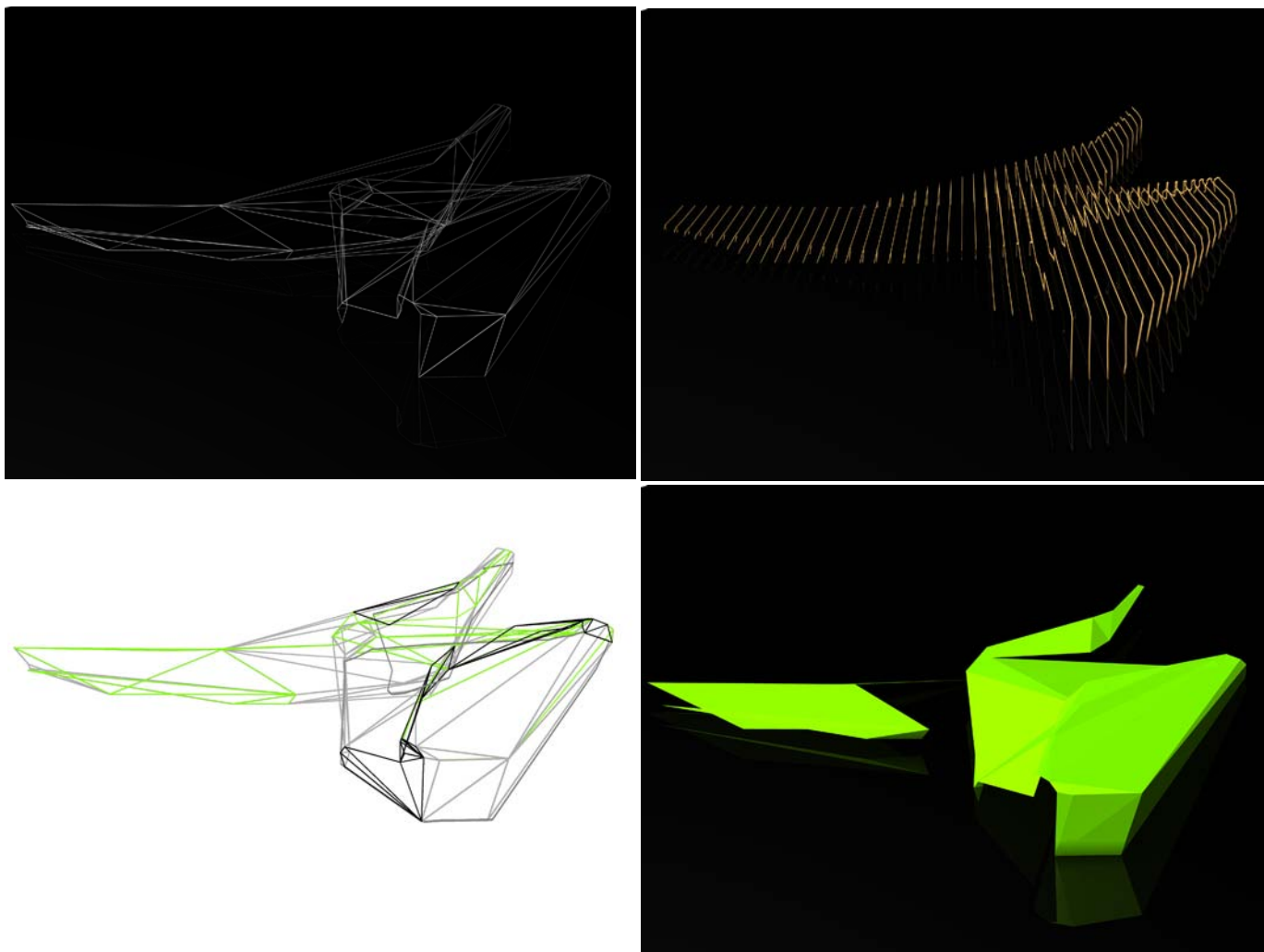
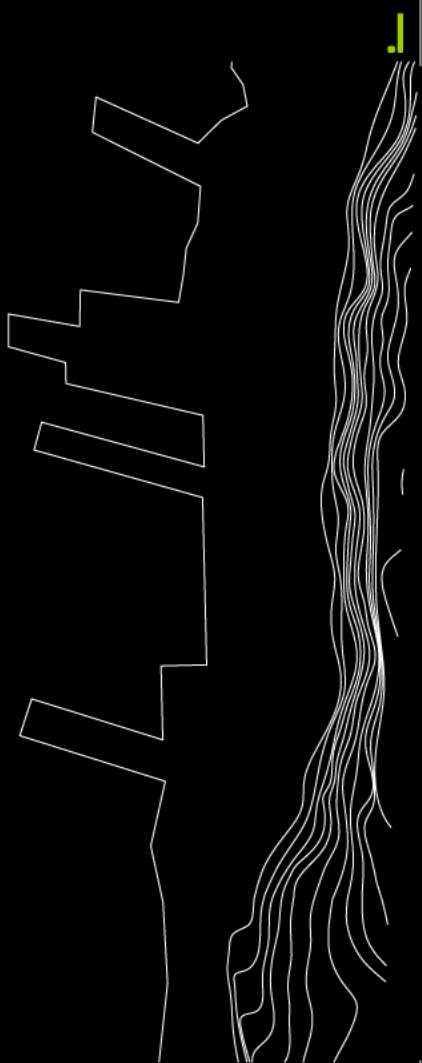


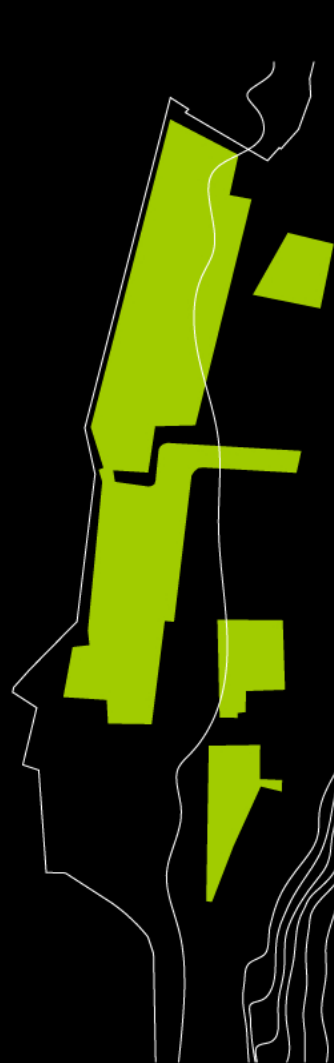
Figure 20 : Études de variation structurale à partir du modèle digital.



1850 : construction de chantiers navals



1964 : apogée industrielle



2004 : surfacage et transformation en station

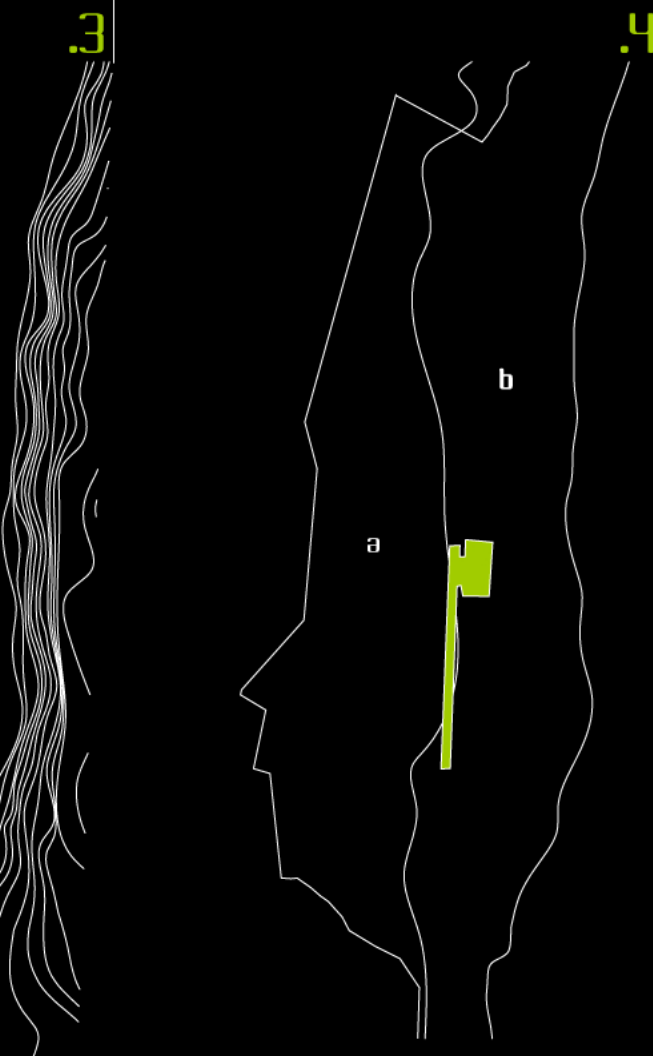
GÉOGRAPHIES MUTANTES : de l'artificialité dans le processus de co

FRAN

En altérant les données territoriales par des transformations opératives d'hybridation, le site et son environnement géographique. Pour François Roche (R,DSV&SieP. 1999), cette évolution est caractérisée par la distorsion, la scarification et le scénario. La forme se plie à l'organisation des forces qui interfèrent dans le projet constructionnelle. Pour Actar, le site n'est pas un contenant fixe, un ready-made mais bien un champ de forces des liens qui unissent le naturel à l'artificiel apportant de nouvelles combinaisons, de nouveaux échanges.

Avec l'arrivée de nouveaux modes d'appréhension du monde, une redéfinition territoriale du local et du global de l'espace. L'importance accordée au traitement de l'information reliée à un site d'intervention architecturale, l'installation Metacity/Datatown (1999) par l'interrelation des paramètres numériques contextuels. Les diagrammes de François Roche constituent autant de tentatives de saisit du lieu, visible et invisible. « Se préoccuper des questions de Lieu et de Nature, de Culture et de Technologie aujourd'hui, c'est non seulement des questions physiques de l'écosystème ou de la biosphère, mais aussi intégrer une vision haptique de nos environnements, la notion de paysage à l'ère de ses reproductibilités télétechnologiques. » (Roche, 1998;15)





nnements

Fragments historiques



trajectoires

onception

ANCOIS LEBLANC

environnement bâti expriment une nouvelle car-
l'hybridation, le clonage, le greffage, la
constituant une topologie de structure organi-
multiple dont l'architecture consolide, crée
es d'information. (Simonnot;2003)

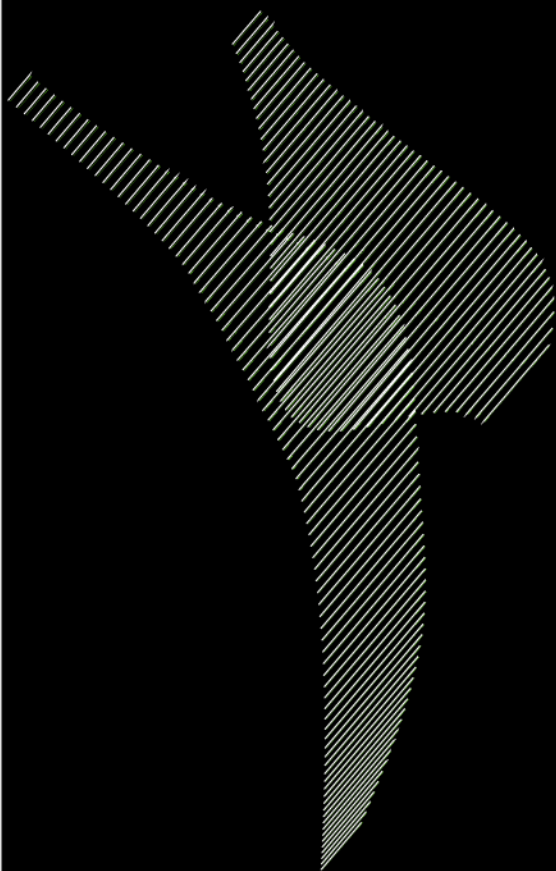
global change la perception et la lecture de
hitectural s'est manifesté chez MVRDV avec
deep planning de UN Studio ainsi que les mor-

lement prendre ne compte les transformations
s hypermédia immatériels. C'est élargir la

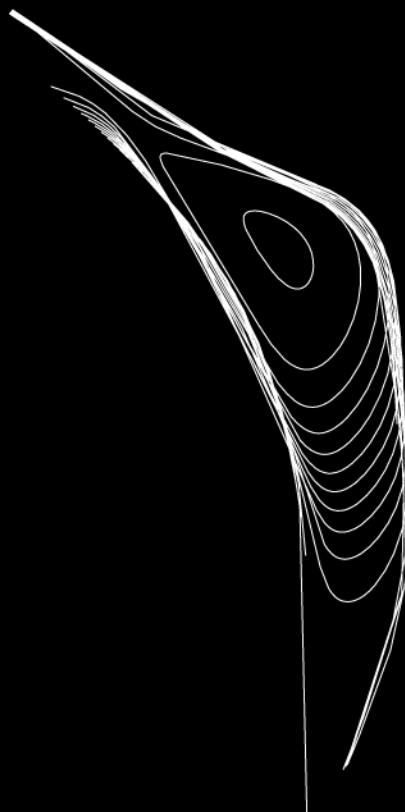


.6

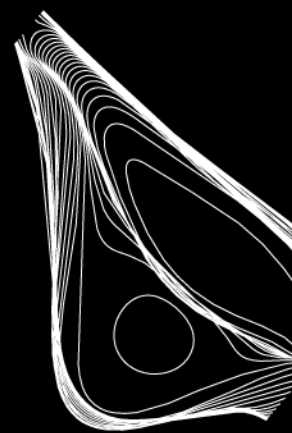
.7



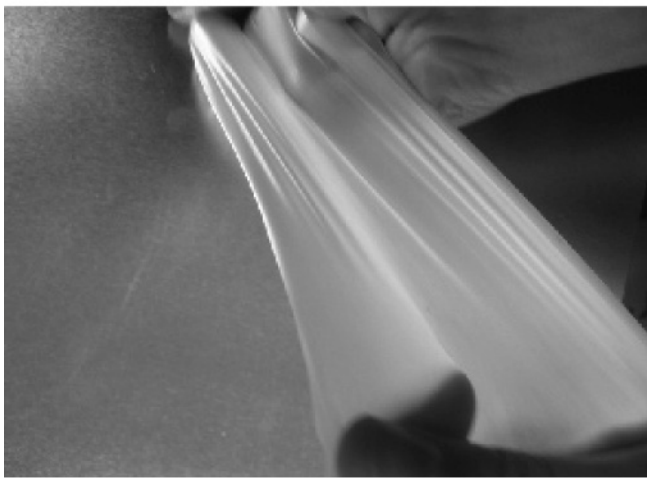
organisation structurale irrégulière

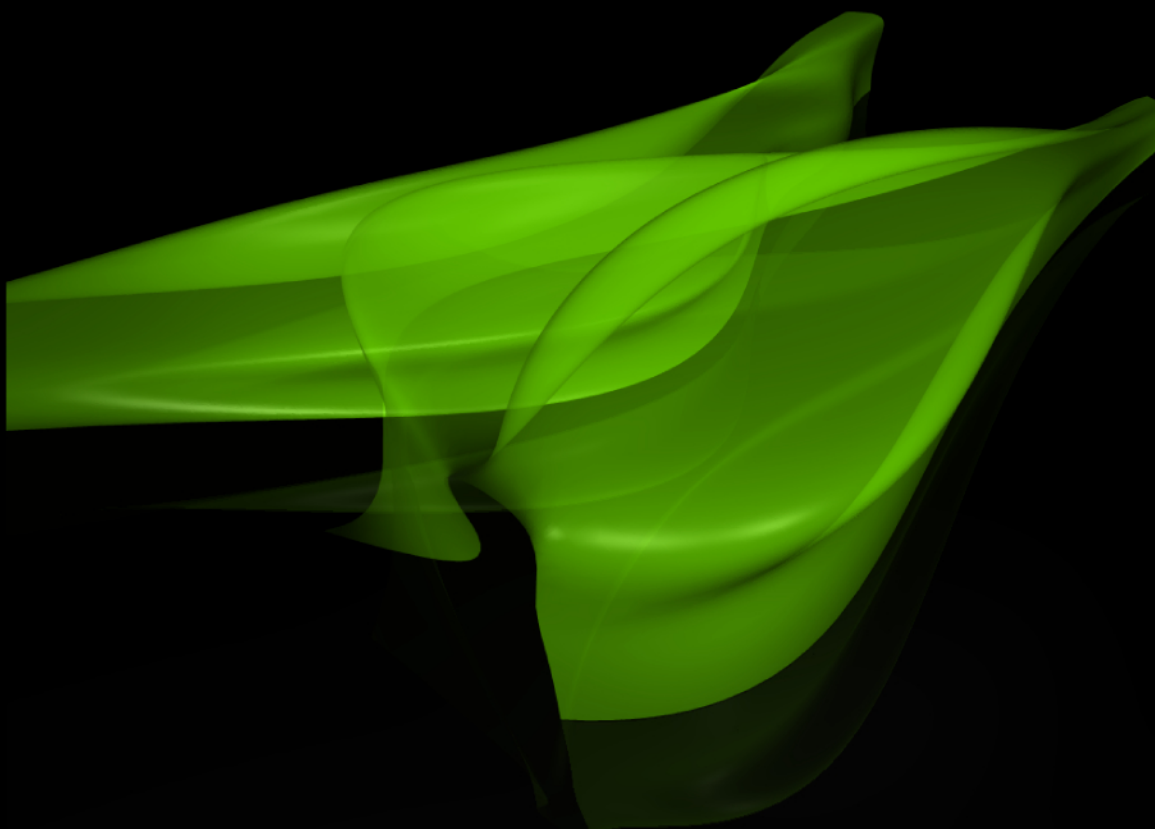


topographie artificielle A

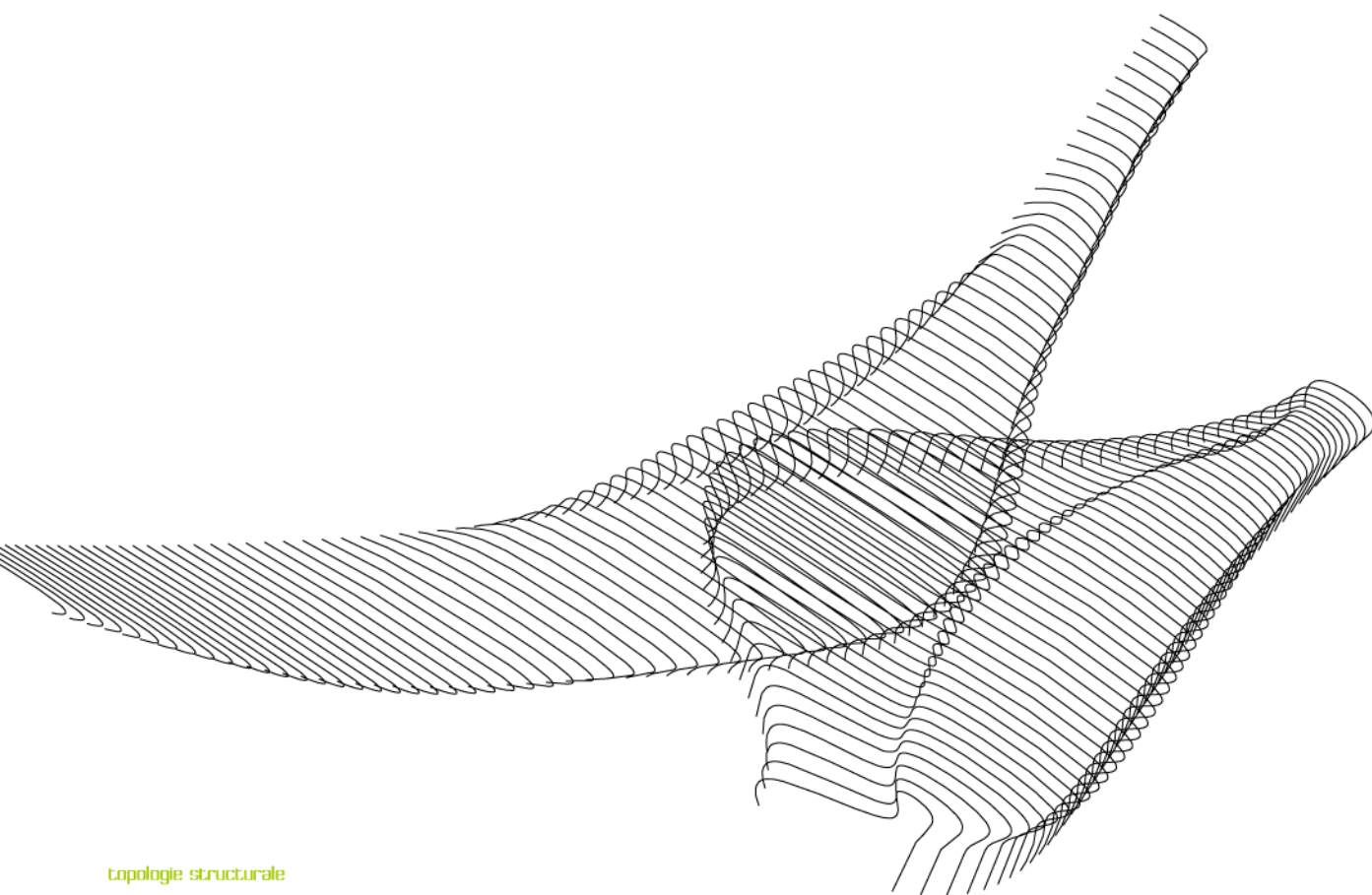


topographie artificielle B

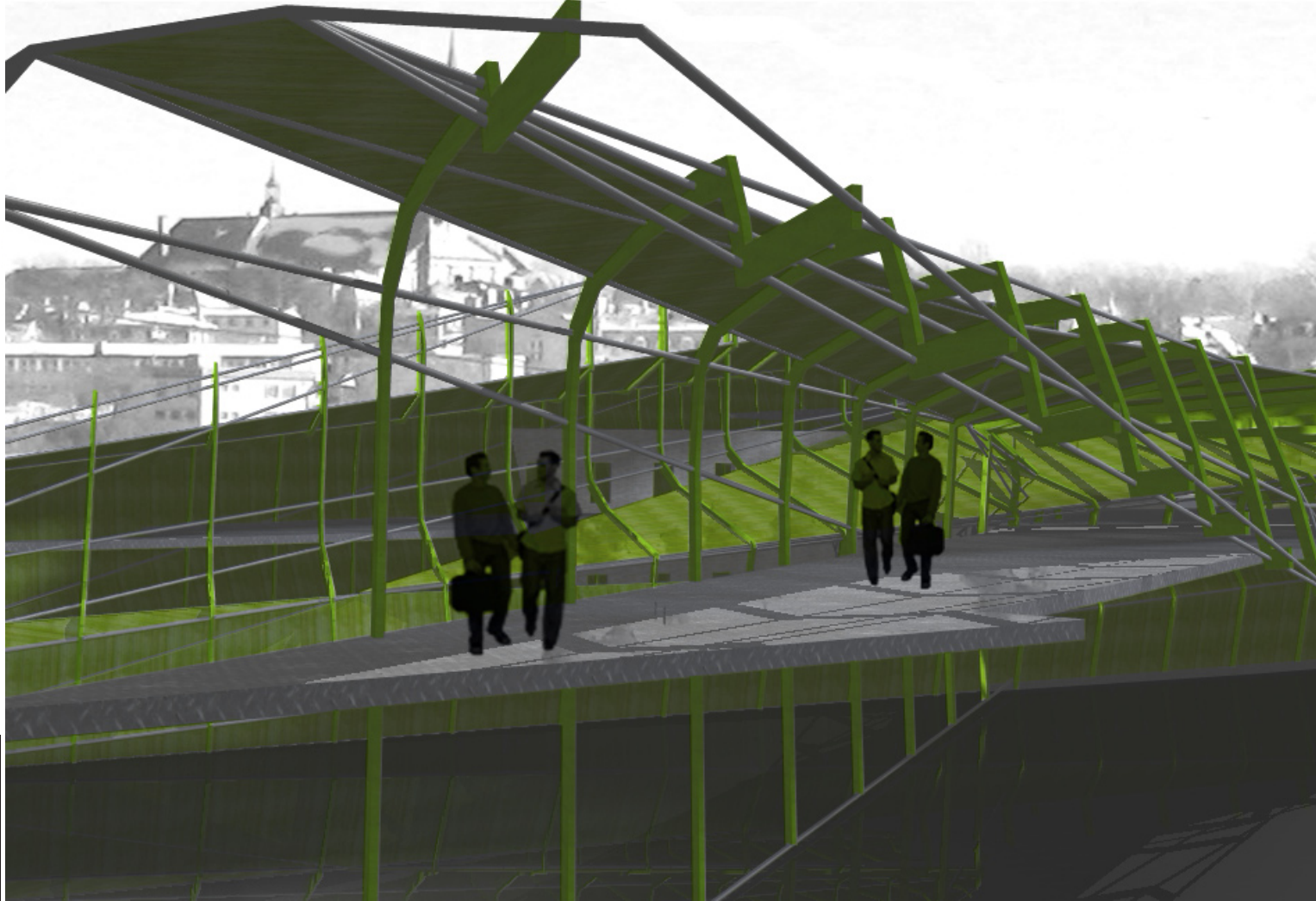
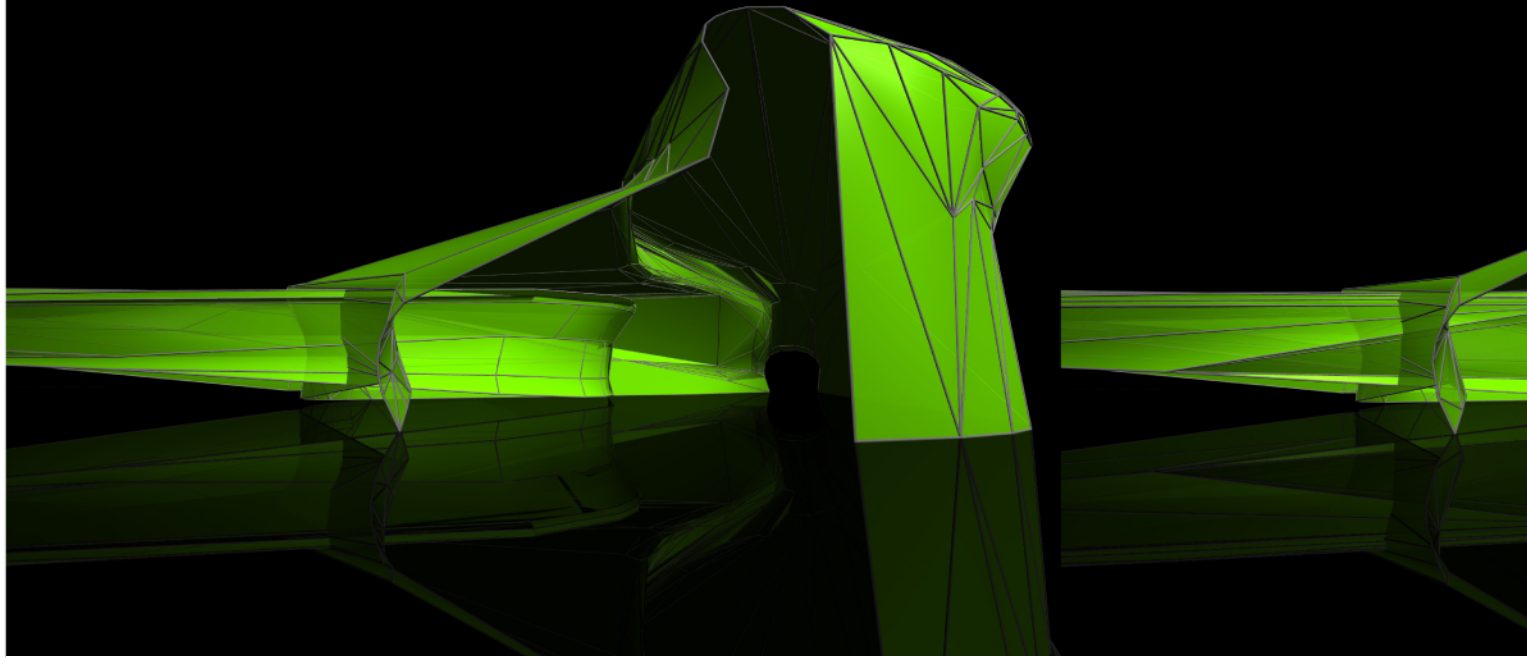


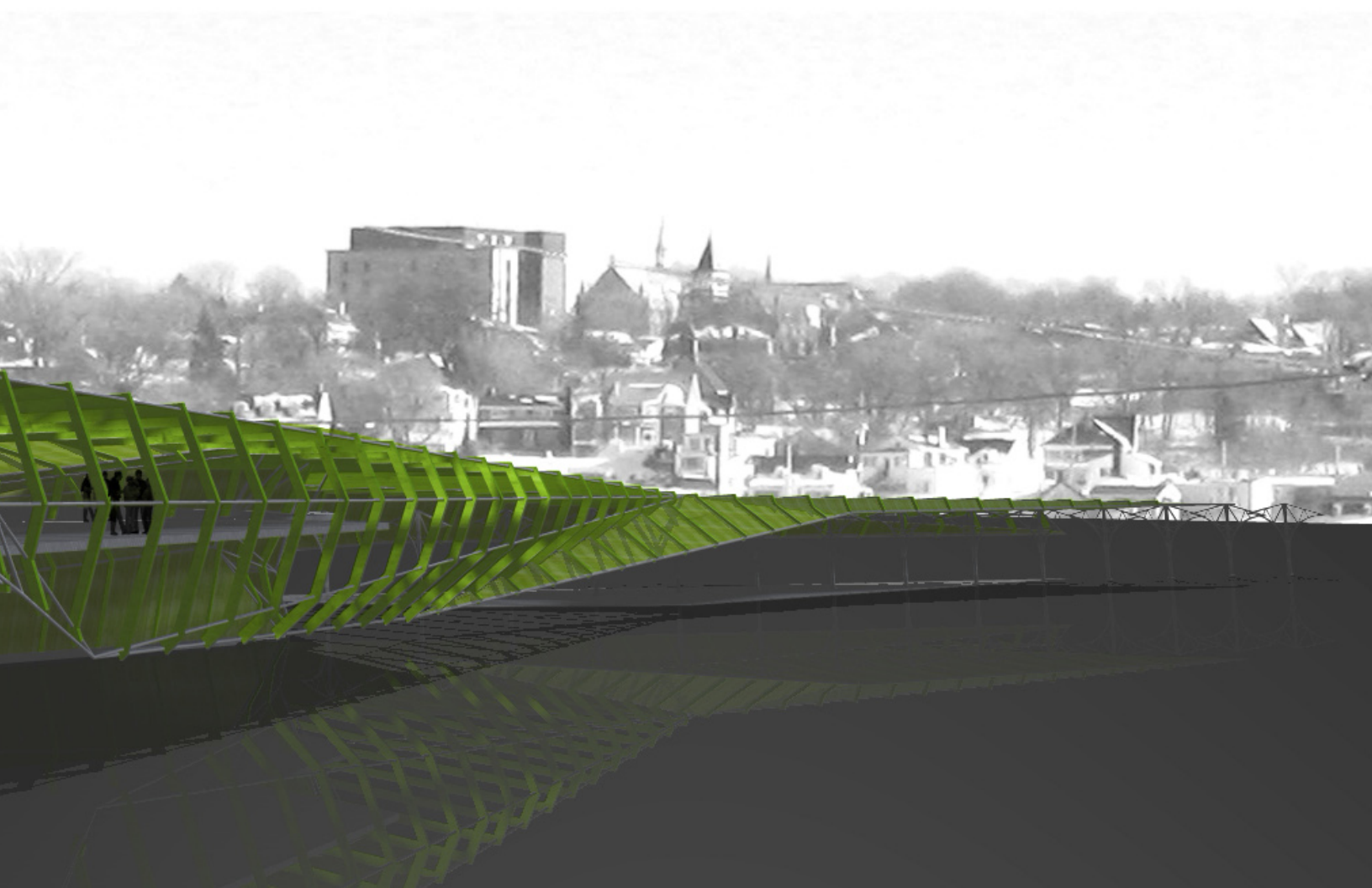
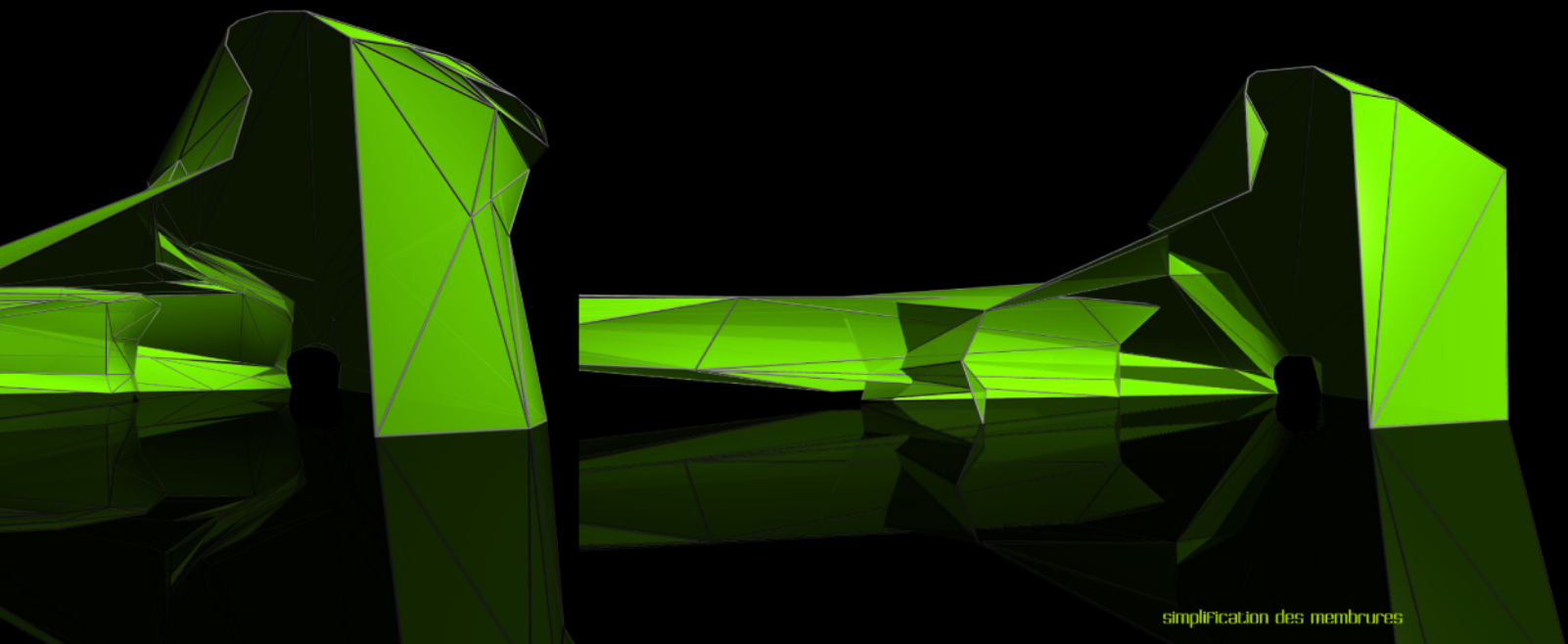


topologie élastique



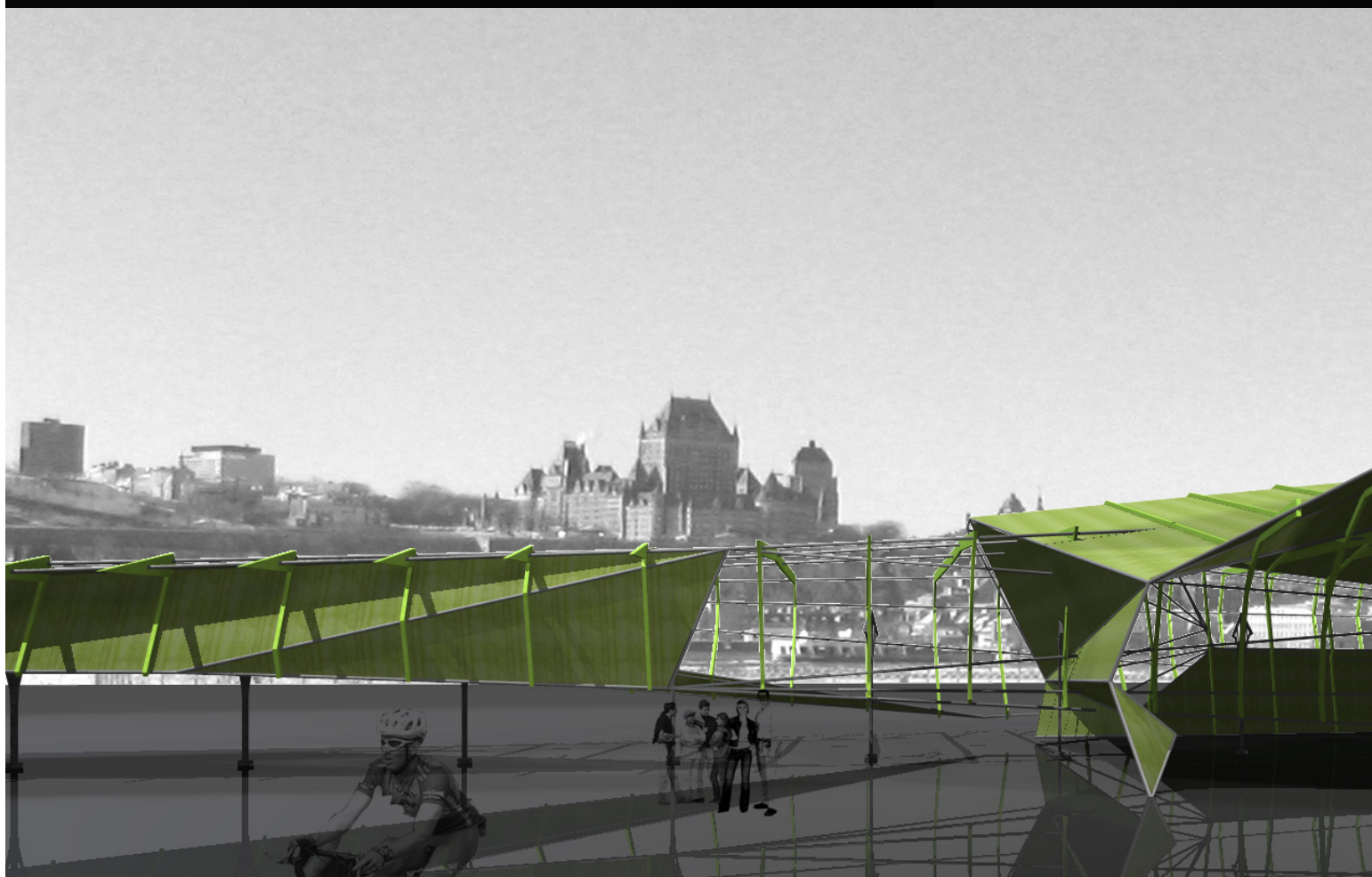
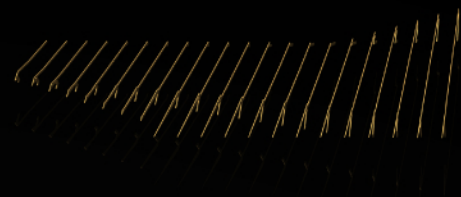
topologie structurale

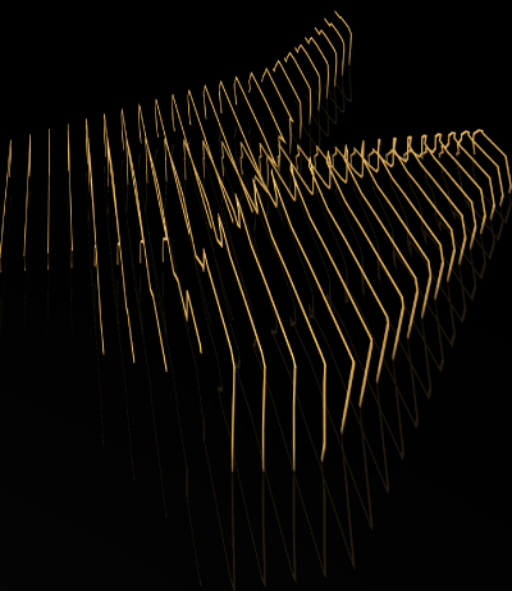




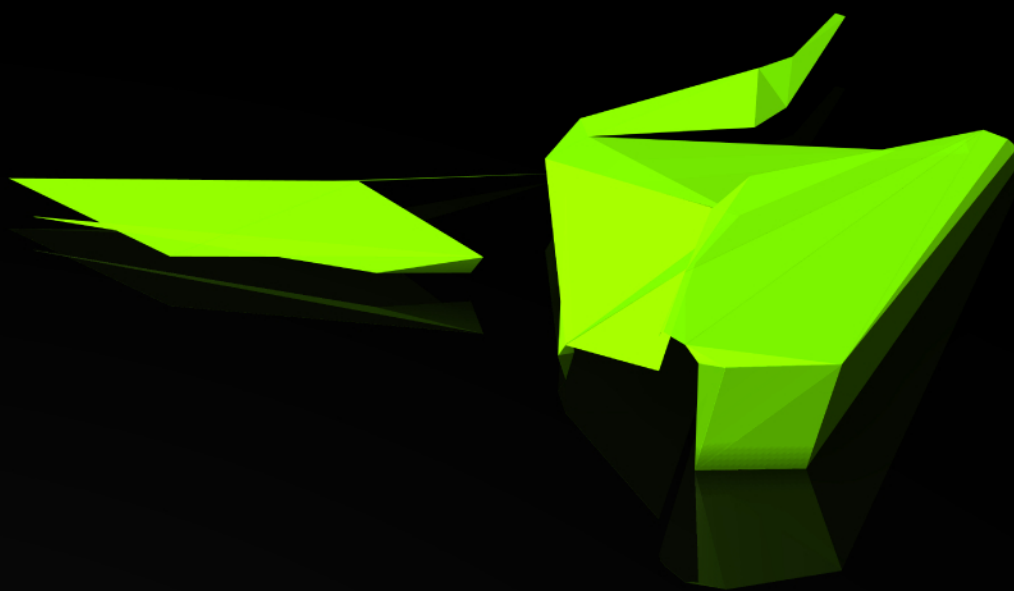


03. structure textile

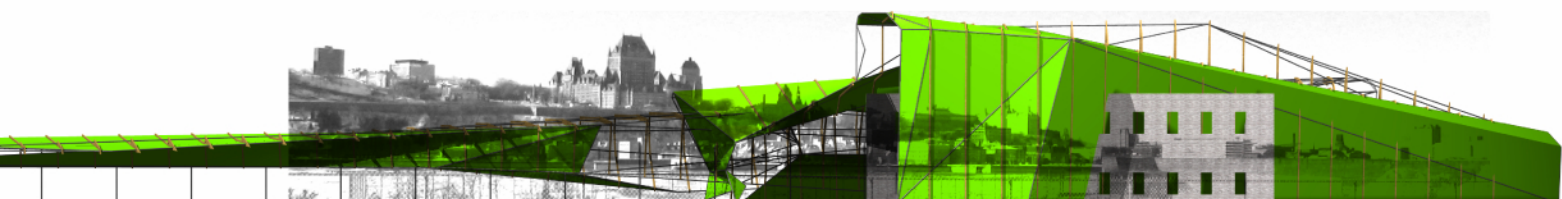
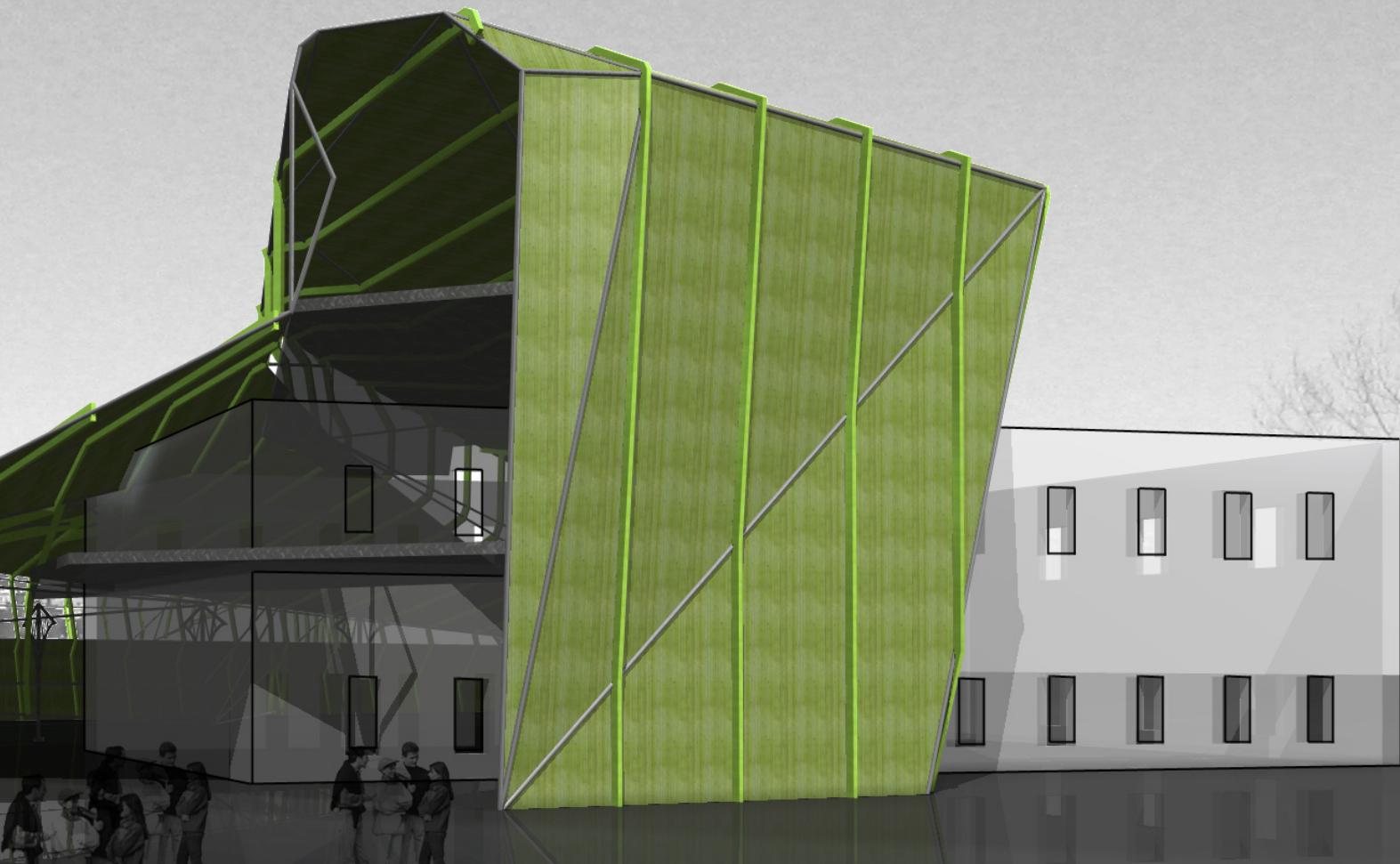




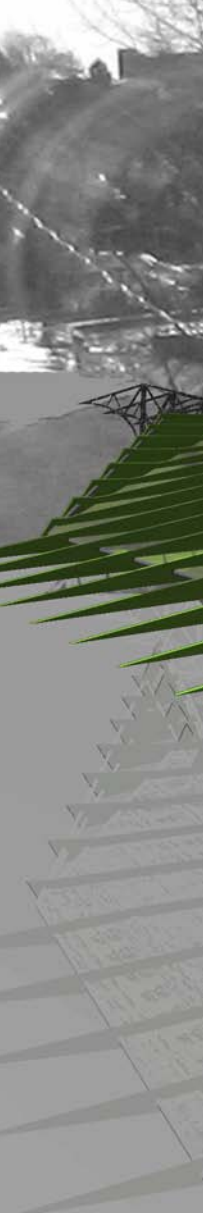
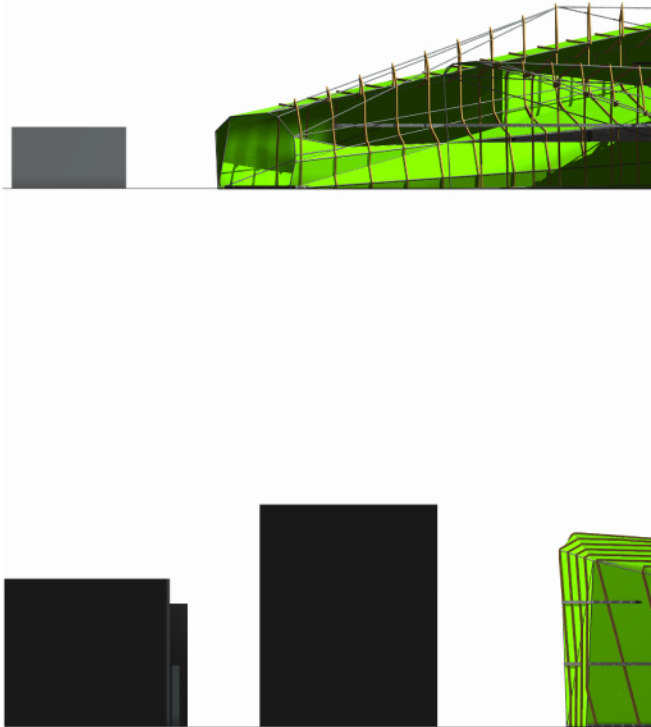
02. structure de cadres

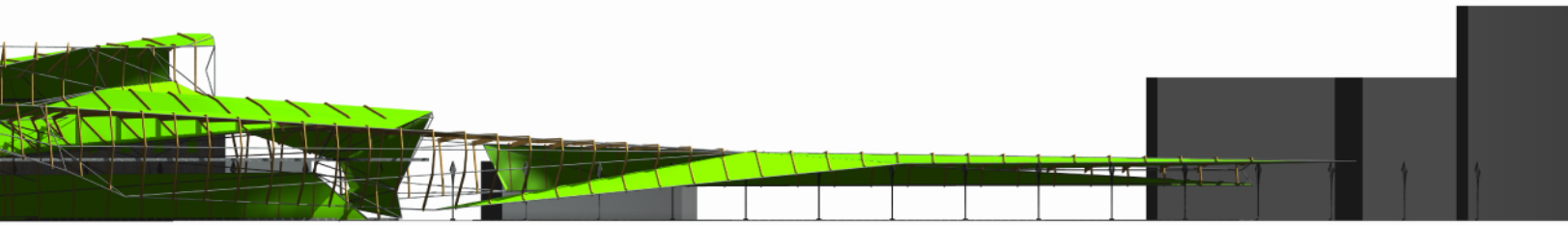


03. surface

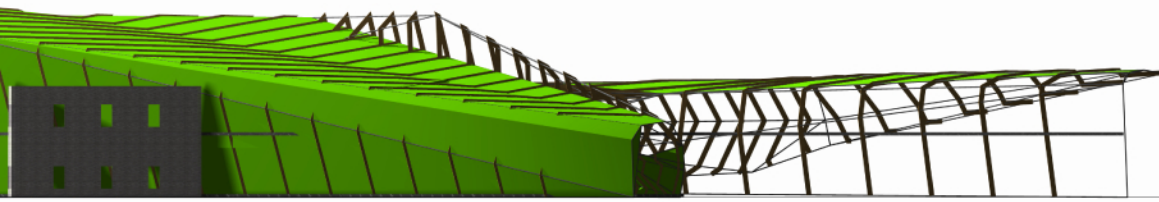


élévation est. 1/250

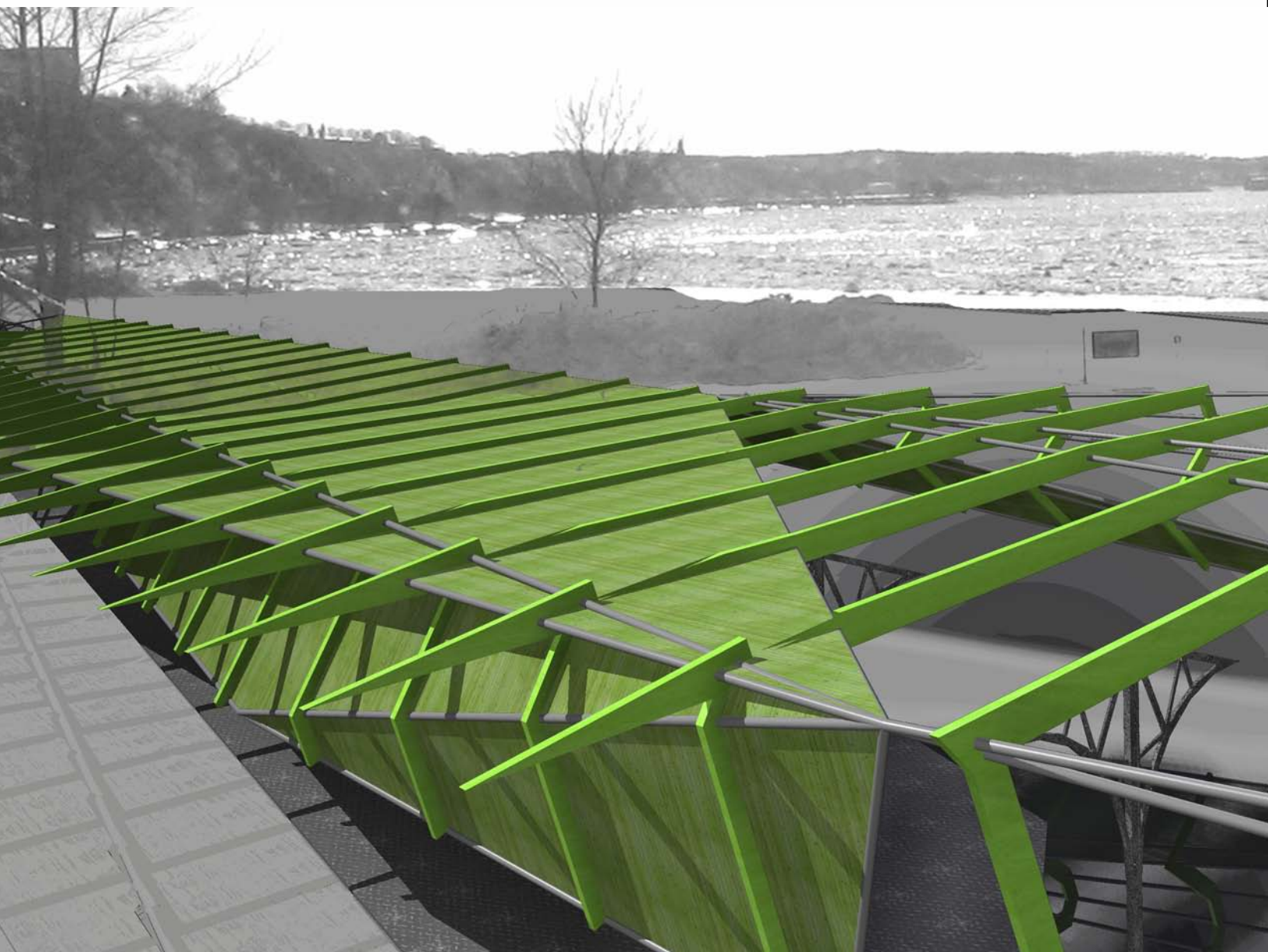


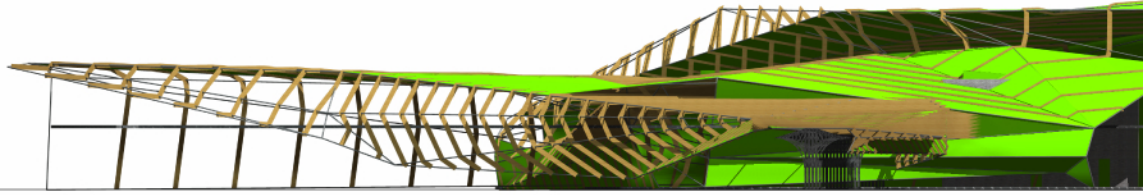


élévation ouest t250

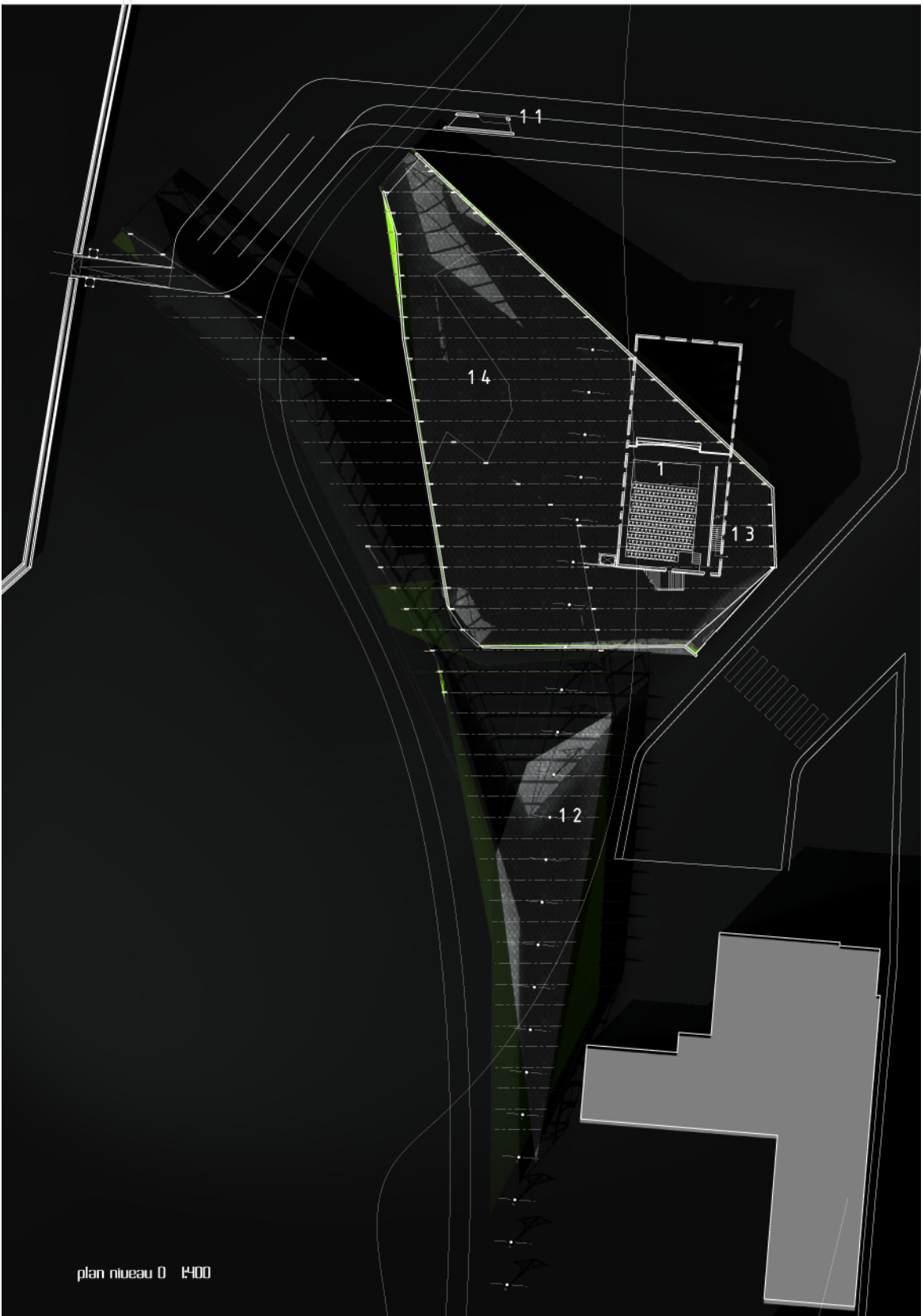


élévation nord t250

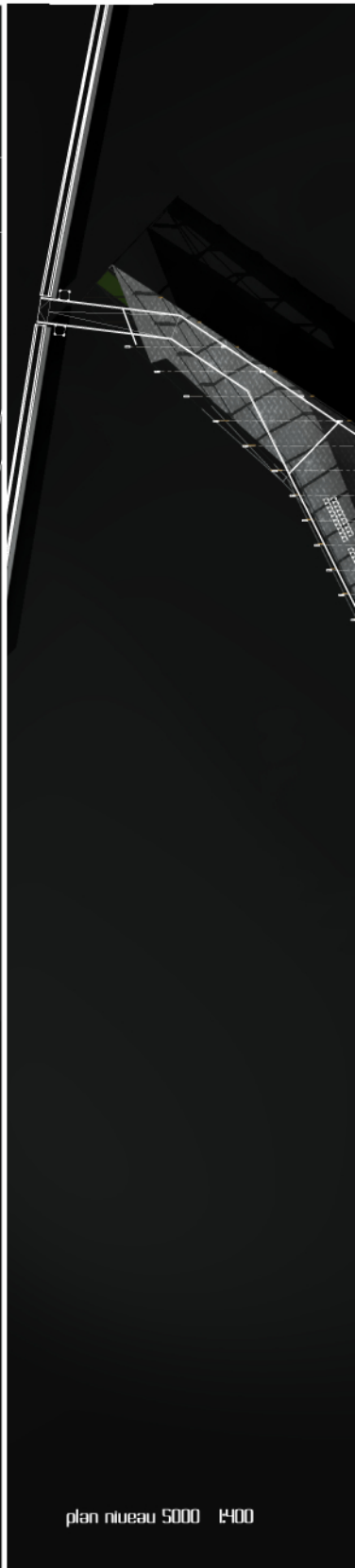




élévation sud



plan niveau 0 1:400



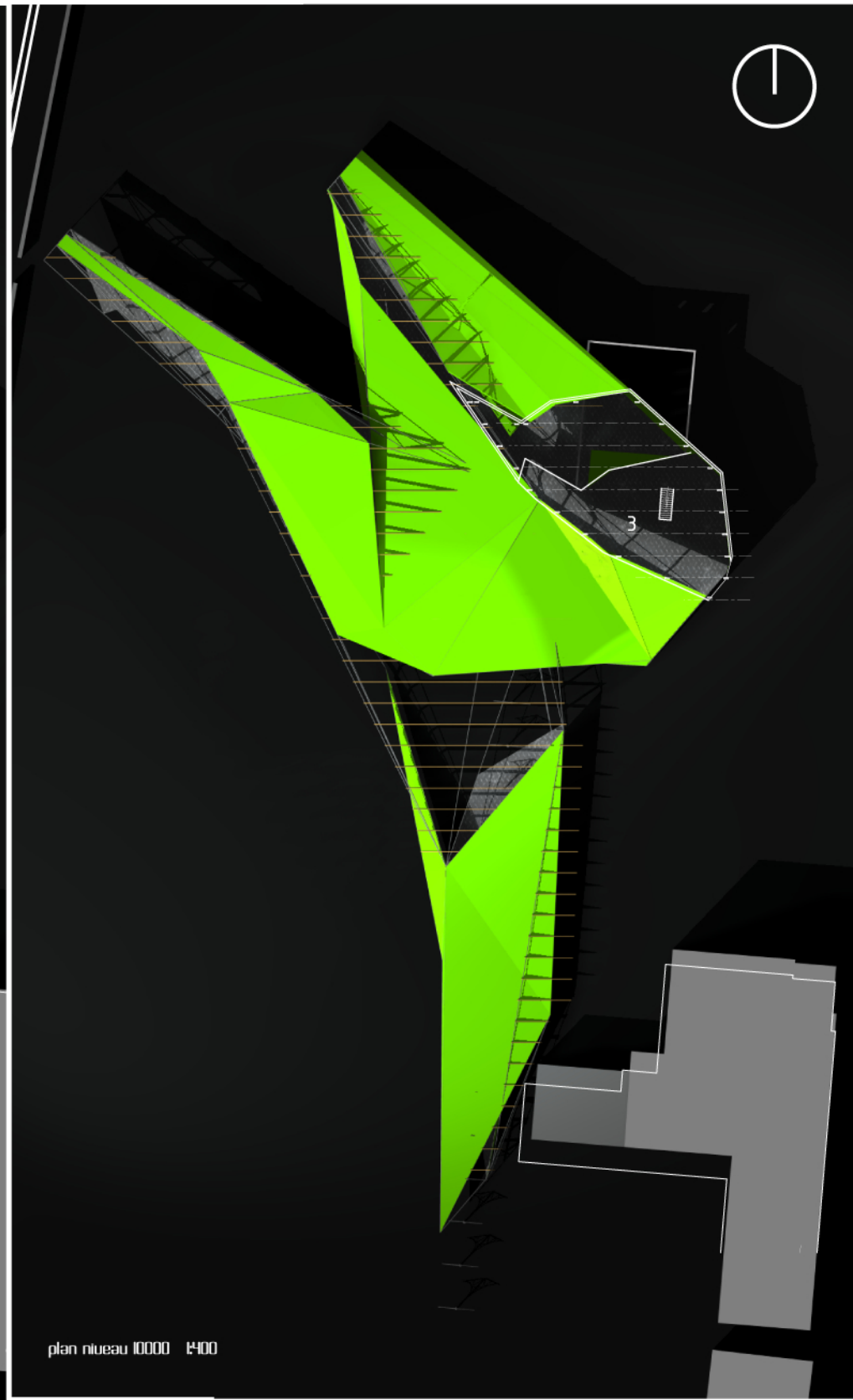
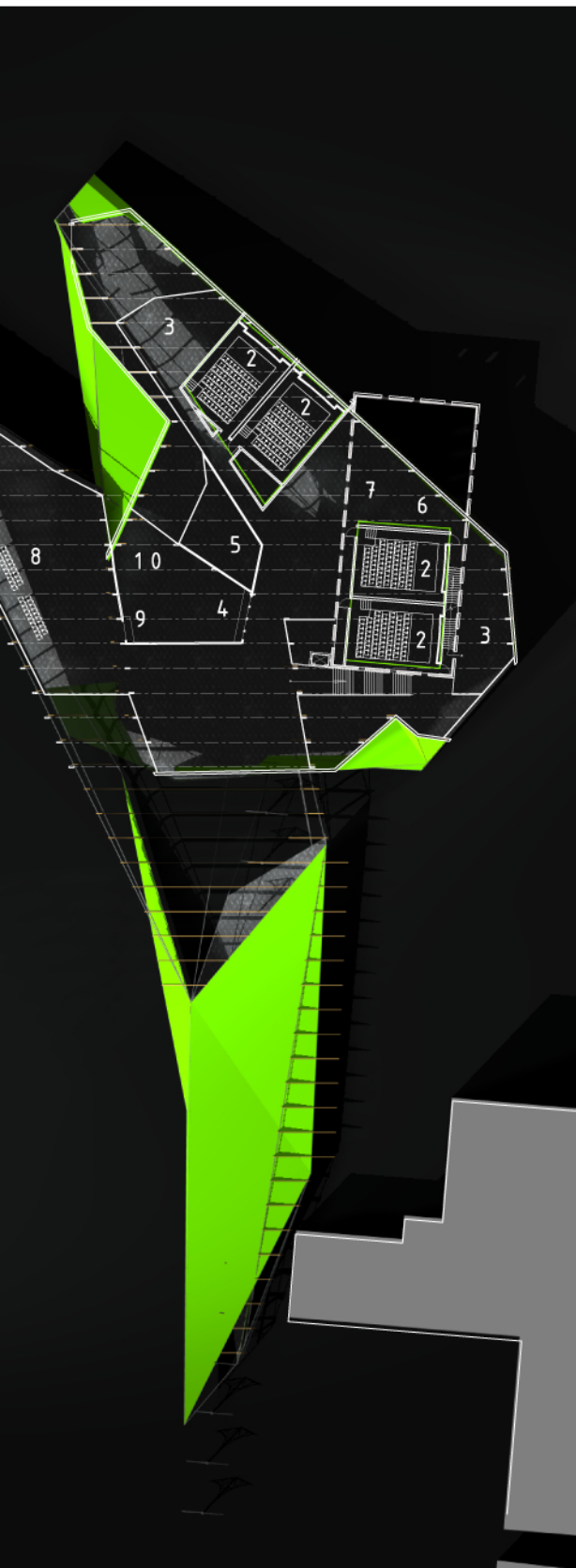
plan niveau 5000 1:400



nd 1:250

Légende

- 1 Salle multifonctionnelle
- 2 Salles de cinéma
- 3 Lobby
- 4 Guichet (cinéma)
- 5 Toiletttes
- 6 Bureaux d'administration
- 7 Comptoir alimentaire
- 8 Salle d'attente
- 9 Billeterie (traversier)
- 10 Bureaux d'administration
- 11 Poste de péage
- 12 Débarcadère
- 13 Information touristique
- 14 Marché public (saisonnier)



plan niveau 10000 1:400