

SÉMINAIRE
ACTIVITÉ ET INSTRUMENTATION
DE LA CONCEPTION

MÉMOIRE D'ÉTAPE

ARCHITECTURE D'ALGORITHMES
LES LOGICIELS DE PROGRAMMATION VISUELLE POUR LA
CONCEPTION ARCHITECTURALE

Maëlle Bodet 10112
2015/2016

ensa **paris**
la villette 

Aurélie De Boissieu
François Guéna

SOMMAIRE

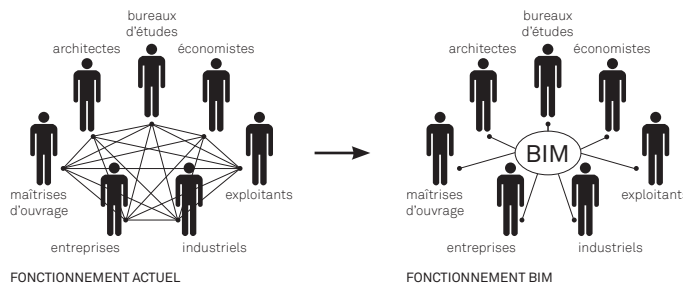
INTRODUCTION	4
MOTIVATIONS	6
LA MORPHOGÉNÈSE VISUELLE	8
LANGAGE DE PROGRAMMATION VISUEL	12
ANALYSE EMPIRIQUE	18
CONCLUSION	22
ANNEXES	24
GLOSSAIRE	26
BIBLIOGRAPHIE	28

INTRODUCTION

Le déploiement de l'outil informatique a fait évoluer notre manière de vivre et de travailler depuis son apparition, il y a maintenant plusieurs dizaines d'années. Cet environnement numérique a fait naître des libertés mais également des contraintes sans cesse repoussées par les innovations qui voient le jour, grâce à une communauté d'utilisateurs qui se développe progressivement. La sphère numérique est aujourd'hui omniprésente et s'intègre naturellement dans notre quotidien, au travers de l'art, des administrations officielles, du transport, de la communication, ou encore de la conception.

De nos jours, la conception architecturale est plus que jamais au cœur de l'ère informatique. Les modes de représentation nécessitent une utilisation de cet outil car il représente un gain de temps, des possibilités techniques étendues et une facilité de communication entre les différents acteurs d'un projet. Autrefois une éventualité, l'utilisation de l'ordinateur est maintenant inévitable aussi bien en agence que dans l'enseignement de l'architecture. La complexité de la conception architecturale se voit ainsi aidée par de nouveaux programmes toujours plus performants, s'orientant peu à peu vers le BIM (Building Information Modeling). Les logiciels «classiques» de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO) laissent aujourd'hui place à des programmes optimisés pour la conception architecturale, qui rationalisent les données relatives à un projet, afin de les utiliser de manière plus simplifiée par tous les domaines compétents. Les aspects constructifs, techniques, financiers, environnementaux sont ainsi intégrés dans une maquette numérique «intelligente» non figée, qu'il est possible de modifier tout au long de nos recherches.

FIG 1 | Le BIM permet aux différents acteurs d'un projet une organisation autour d'une maquette numérique commune, représentant la construction virtuelle de ce projet. Ceci apporte un réel gain de temps et de qualité, permettant ainsi de réduire les coûts.
url : <www.ecome.fr>



Pourtant, si ces programmes permettent un traitement des données plus efficace, on constate aujourd'hui l'émergence de nouveaux programmes de conception architecturale utilisant des algorithmes, pour la modélisation de formes complexes paramétrables. Ces programmes rendent possible la conception d'une architecture plus performante intégrant des variables, tout en étant pour certains accessibles et intuitifs. Parmi ceux-ci, les éditeurs d'algorithmes graphiques sont prometteurs quand à leur facilité d'apprentissage, et permettent d'être davantage libre dans l'imagination de formes jusqu'alors difficilement réalisables.

Ce mémoire d'étape introduira les spécificités de tels programmes, pour comprendre l'intérêt qu'ils peuvent avoir dans un processus de conception architecturale. Il s'agira dans un premier temps de définir leurs intérêts dans l'élaboration d'un projet, puis de dresser un état de l'art, afin de connaître la place qu'ils occupent et leurs perspectives possibles dans l'univers architectural. Puis nous découvrirons leur fonctionnement, leurs applications, les possibilités qu'ils offrent et les limites qui peuvent se présenter en fonction du programme ou des objectifs souhaités. Un questionnement se fera ensuite sur la base d'une analyse empirique. Pour cela, Nous nous focaliserons sur les principaux éditeurs graphiques d'algorithmes utilisés en architecture, à savoir le plugin Grasshopper pour Rhinoceros 3D, ainsi que le programme Dynamo d'Autodesk, fonctionnant sur Revit.

MOTIVATIONS

Les jeunes architectes doivent à l'heure actuelle se démarquer grâce à des compétences nouvelles en matière de conception informatique. Étudier les fonctionnalités d'un tel outil et comprendre de quelle manière il peut être utilisé semble enrichissant compte tenu des innovations techniques récentes dans le domaine de la construction que les architectes doivent prendre en compte dans leur réflexion.

L'architecture d'aujourd'hui reflète un intérêt nouveau pour les performances énergétiques, la robotisation, l'implication de données contextuelles, associées à l'environnement immédiat, mais aussi à plus grande échelle, ce à quoi certains logiciels semblent répondre. Le métier d'architecte consiste non seulement à concevoir des formes, mais aussi à concevoir «intelligemment» en tenant compte des aspects économiques, financiers, environnementaux, sociaux, énergétiques, c'est-à-dire tous les éléments relatifs à un projet.

Le temps de la recherche, de l'analyse et de la représentation incarne une grande part de notre méthodologie de conception, où l'on doit dans un premier temps expérimenter et faire un travail d'aller-retour sur nos premiers choix. Cette phase de recherche a un temps compté, pendant lequel l'efficacité rentre en jeu. Des programmes comme Grasshopper ou Dynamo proposent une alternative aux logiciels «classiques» de DAO car ils permettent de manipuler des variables à tout moment, sans perdre le travail déjà effectué antérieurement.

Voir dans quelles circonstances il est préférable d'utiliser ce type de logiciels plutôt qu'un autre, en fonction de la finalité d'un projet, me semble cohérent. L'outil utilisé influence-t-il notre manière de concevoir? Selon nos connaissances sur les possibilités qui s'offrent à nous, sommes nous limités ou au contraire libres de mettre en pratique notre imagination ?

La question de la conception paramétrique complexe est aujourd'hui d'actualité avec l'utilisation désormais nécessaire de l'outil informatique en agence d'architecture. L'apparition de ces logiciels, sans cesse améliorés par les développeurs qui créent tous les jours de nouveaux codes et add-on, apporte de nouvelles possibilités encore peu connues des étudiants et des architectes. Les limites de ce logiciel sont présentes mais sont peu à peu repoussées par le développement de nouveaux algorithmes qu'il me paraît intéressant d'étudier.

Mes recherches s'appuieront sur la pratique des programmes en question, suivis à la faculté d'architecture de Prague, par l'initiation du logiciel Grasshopper pour Rhinocéros 3D, et de Dynamo pour Revit. Les différents plugins associés, l'utilisation de ces programmes dans les différentes phases de la conception d'un projet d'architecture et l'étude de certains projets illustreront leurs capacités.

MORPHOGÉNÈSE VISUELLE

OU QUELLE MANIÈRE D'ABORDER L'ARCHITECTURE ?

Cette partie reste à compléter, elle tient compte des ressources documentaires trouvées jusqu'à présent sur ce sujet.

Le désir de concevoir des projets avant-gardistes et innovants a toujours été un défi pour les architectes. Pourtant, la technologie ne permet que depuis peu la modélisation de formes organiques ou originales, difficiles à réaliser sans l'usage de l'informatique. Avec les nouvelles techniques de représentation et de construction possibles, ces projets voient maintenant le jour, et l'on constate la réalisation d'architectures dont les aspects plastique et formel sont mis en avant, parfois au détriment de la fonction originelle de l'architecture qui est celle des usages. Ainsi, on peut remarquer d'un côté le désir d'une architecture pouvant éveiller le sens visuel, et de l'autre une architecture qui promeut les interactions avec les usagers, au sens purement fonctionnel. D'un premier abord, on pourrait faire l'hypothèse que ces outils paramétriques ont permis d'explorer différents langages architecturaux qui n'avaient jusqu'à présent été établis qu'à titre conceptuel sous forme de dessins. Mais, l'utilisation du paramétrique a démontré qu'il permettait de solutionner des problèmes complexes liés à la conception et à la construction, initialement dans le domaine de l'aéronaval.

Ces observations nous amènent à nous demander si l'usage du paramétrique peut apporter de nouvelles interactions avec l'utilisateur, en réinterprétant des contraintes associées à un contexte, au travers de données paramétrables. Notre manière de concevoir l'architecture dépendrait donc de critères et d'exigences dont la maîtrise permettrait d'optimiser l'architecture de manière spatiale et formelle au moyen de ces outils paramétriques.

Au cours de la dernière décennie, on a vu se proliférer une quantité d'artistes ou d'architectes dont le médium principal est le logiciel. Les processus algorithmiques, maîtrisés à travers le moyen de code informatique, l'AAD ou Algorithms-Aided Design, permettent aux artistes de produire des formes visuelles plus complexes qu'ils pourraient autrement ne pas avoir été en mesure d'imaginer. L'histoire, la théorie et la pratique des logiciels s'introduit progressivement dans le domaine des arts. De plus en plus de sites ou d'écrits, d'études de cas et de contributions diverses, proposent des exemples de code dans divers langages de programmation, un nouveau domaine de la production artistique qui fait appel aux étudiants et aux professionnels désirant se spécialiser dans une démarche «algorithmique et paramétrique».

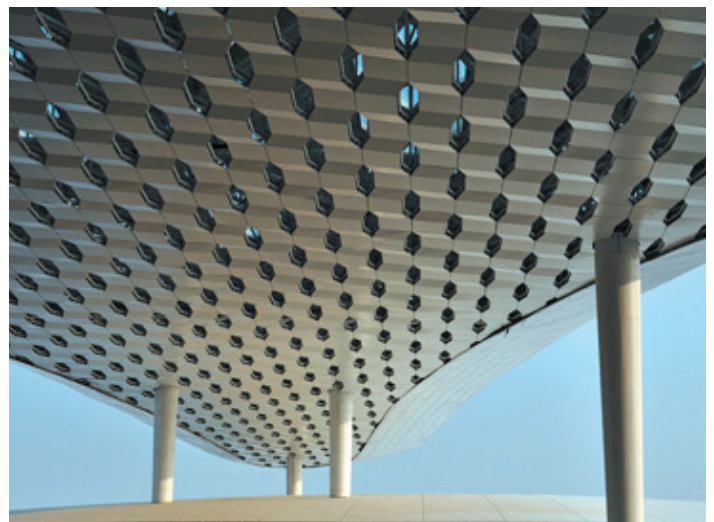


FIG 2 | Le design paramétrique du terminal 3 de l'aéroport de Shenzhen Bao'an en Chine, construit en 2013 a été réalisé à l'aide de Rhino3D par le studio Fuksas basé en Italie. «The concept of the plan for Terminal 3 of Shenzhen Bao'an international airport evokes the image of a manta ray, a fish that breathes and changes its own shape, undergoes variations, turns into a bird to celebrate the emotion and fantasy of a flight.» url : <www.fuksas.com>

Les algorithmes permettent aux concepteurs de dépasser les limites rencontrées avec des logiciels de CAO classique et de modélisation 3D, en atteignant un niveau de complexité et de contrôle qui dépasse nos facultés de conception manuelle. Il est ainsi possible d'explorer des formes libres précises, de contrôler des géométries complexes grâce à une modélisation paramétrique, de s'initier à la fabrication numérique, de déterminer des formes relatives à une analyse environnementale, ou de rechercher une forme optimisée structurellement, de la même manière que le *form-finding* de Frei Otto.

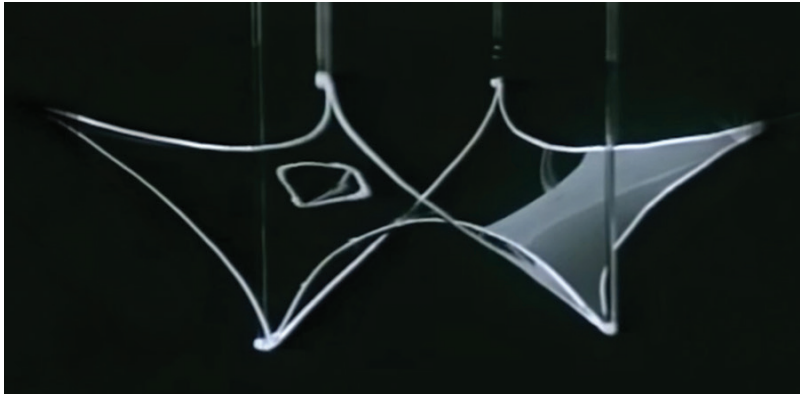


FIG 3 | Frei Otto - Modeling with soap films. L'expérimentation d'une structure par l'utilisation de modèles analogues permet de trouver une forme souple optimisée, c'est le processus de *form-finding*.
url : <<https://youtu.be/-IW7o25NmeA>>

L'édition d'algorithmes offre des opportunités uniques pour l'innovation, autorisant le concepteur de personnaliser le logiciel autour de ses propres préférences et modes de travail. Le logiciel, modifié par le biais de scripts, offre une gamme de spéculations non possible tant ses possibilités étendues. L'automatisation de nombreux aspects de routine et d'activités répétitives au cours du processus de conception, décharge le concepteur d'un temps qu'il peut accorder à l'idéation. Aussi, l'automatisation des routines en les couplant avec des technologies de fabrication numériques émergents ont un impact économique avantageux.

Motivée par de nouveaux outils informatiques et de fabrication numérique, l'architecture en cours de construction repousse les limites de la forme, la personnalisation et la construction. Poussés par des pratiques qui impliquent de produire de manière innovante, les systèmes de conception assistée par ordinateur sont de plus en plus paramétrique : la conception change avec les données. Néanmoins, l'utilisation de ces logiciels exige bien souvent des compétences en tant que concepteur, mathématicien et informaticien. Travailler avec la modélisation paramétrique requiert une maîtrise de la nouvelle complexité de ces systèmes de conception qui peut parfois freiner les éventuels utilisateurs.

Devenir trop formel, se perdre dans les codes ou les scripts peut s'avérer contraignant. Ce sont des logiciels initialement conçu pour le design et la création de formes organiques ou courbes, de formes complexes. Dans un sens, ils favorisent la créativité, mais sont aussi utilisés à défaut pour palier au manque de créativité. Trouver des solutions complexes calculées par des algorithmes et donc difficiles à mettre en œuvre par notre propre réflexion ou par les logiciels «traditionnels» d'architecture, peuvent nous faire perdre notre liberté d'expression architecturale et nous retrouver ainsi esclave de l'outil informatique. Les solutions trouvées dépassent parfois notre connaissance en mathématique ou en algorithme et nous fait perdre le fil de notre idée de départ, et donc notre propre langage architectural. Les limites de tels logiciels se situent dans notre maîtrise de ceux-ci, mais

aussi dans nos réflexions et notre imagination, notre pensée architecturale. Les ressources en puissance informatique doivent être importantes : certains moteurs de rendus sont encore trop lents pour de tels calculs de formes, la difficulté et le coût de la mise à l'œuvre comparé à un projet simple sont discutables.

La conception paramétrique et numérique s'associe parfois à une interprétation très formelle de l'architecture. Cependant les champs de possibilité ne se limitent pas à la réalisation d'une forme, mais peuvent faire intervenir des données techniques, biologiques, environnementales, et d'autres facteurs très importants à prendre en compte pour la conception et le design.



FIG 4 | Neri Oxman est une architecte et designer, connue pour son travail en architecture bioclimatique et en morphogenèse numérique. Son équipe mène des recherches à l'intersection de la conception informatique, la fabrication numérique, la science des matériaux et la biologie synthétique. *«This imaginary being is designed as a pregnancy corset, offering support for the female belly as it grows, expands, and stretches. The form follows the natural curves of the body, while incorporating a highly wrinkled stretchable pattern.»*
url : <www.materialecology.com>

En architecture, une connexion avec le BIM est possible, dans la mesure où le modèle tridimensionnel est un ensemble d'informations permettant d'obtenir des résultats plus efficaces. Il s'agit ainsi de savoir dans quelle mesure les logiciels permettant une approche algorithmique et paramétrique sont utiles voire nécessaires en architecture.

La place de la conception paramétrique dans l'éducation architecturale est encore discutée. L'apparition de l'outil informatique en architecture révolutionne la façon dont l'on enseigne l'architecture, et fait en quelque sorte rupture avec les modes d'enseignement classiques. Les simples outils de représentation sont remplacés par des logiciels qui intègrent dès le départ les composants architecturaux liés au projet en cours.

Il conviendra d'explorer les capacités des deux programmes étudiés, à savoir Grasshopper et Dynamo, ainsi que les add-on utiles pour la conception architecturale. La description du fonctionnement permettra de montrer leurs caractéristiques innovantes. Les add-on permettront de mettre en évidence des outils très utiles pour des applications architecturales avec des exemples illustrés, et d'enrichir cette réflexion sur l'utilisation de tels logiciels en agence ou en école d'architecture.

LANGAGE DE PROGRAMMATION VISUEL POUR L'ARCHITECTURE

Cette deuxième partie décrira et présentera le fonctionnement des logiciels de programmation visuelle et leur capacité comparé à un logiciel de conception numérique dit «classique». Nous nous intéresserons dans un premier temps à ce langage de programmation en général, puis à deux plugins principalement utilisés dans le monde du design et de l'architecture, Grasshopper et Dynamo.

LA PROGRAMMATION VISUELLE :

En informatique, la programmation visuelle est un langage de programmation qui permet de créer des «scripts» par l'assemblage d'éléments graphiques, sans passer par l'écriture de lignes de codes sur un éditeur de texte, qui demande rigueur et concentration. La programmation par éditeur de texte est ardue car elle nécessite un apprentissage long, un effort de mémorisation important, et une attention particulière aux erreurs de syntaxe.

L'objectif de la programmation visuelle est de mettre au point un langage sans possibilité d'erreur de syntaxe, résultant de la manipulation de «blocs» contenant un script pré-établi, afin de créer des connexions entre différents éléments graphiques et dont le résultat est directement visualisable. La difficulté ne réside ainsi plus que dans la logique de l'enchaînement des actions, et non plus dans la connaissance de la programmation par codes, ce qui en fait un outil assez simple d'apprentissage pour la conception.

La différence remarquée avec un logiciel de CAO ou DAO, type Autocad ou Rhinocéros 3D, est que les différentes étapes de conception se succèdent les unes après les autres, et qu'un retour à des étapes antérieures annule d'une certaine façon le travail réalisé jusqu'à l'étape à laquelle on veut revenir. Quand à la programmation grâce à un éditeur graphique d'algorithmes, elle expose visuellement toutes les étapes du processus, qui sont accessibles et manipulables à tout moment de la conception.

Parmi ces éditeurs de programmation graphique, nous étudierons deux outils de design paramétrique se couplant avec des logiciels déjà utilisés actuellement en architecture. La conception paramétrique est un mode de fonctionnement des logiciels de conception assistée par ordinateur actuels, qui permet de concevoir un objet virtuel grâce à des paramètres facilement manipulables.

GRASSHOPPER, PLUGIN DE RHINOCEROS 3D :

Grasshopper est un outil de design paramétrique étroitement couplé à rhinocéros 3D. Celui-ci est un logiciel créé en 1999 par McNeel & Associates pour la conception assistée par ordinateur, dans le but de proposer une solution de modélisation avancée, intégrant notamment le moteur 3D NURBS. Ce programme était initialement prévu dans l'optique de faciliter la conception de coques de navires, mais il s'est très vite étendu à d'autres domaines tels que l'automobile, le design industriel ou encore l'architecture. Ce programme a la capacité de mener des travaux de recherche de formes complexes, ce qui en fait aujourd'hui l'un des logiciels les plus puissants en terme de modélisation surfacique.

Grasshopper a été développé par l'éditeur de Rhino3D en 2007, sous l'initiative de David Rutten, coordinateur du projet au sein de l'éditeur. Ce plugin ou module d'extension de rhinocéros 3D permet d'explorer de nouvelles formes en utilisant des algorithmes génératifs et une programmation visuelle. Grasshopper est un éditeur graphique d'algorithmes qui ne nécessite aucune connaissance de la programmation ou de script, mais permet aux concepteurs de générer des formes allant de simples à complexes et cela même dans la phase de conception d'un projet.

Ce type de programmation est dit de haut niveau, qui est contrairement à ce qu'il laisse croire, un langage permettant de concevoir des programmes via un environnement simplifié, éloigné du langage machine, dit de bas niveau. Il utilise des éléments graphiques compréhensibles par l'homme, une syntaxe le plus souvent en anglais, des conditions et des opérations mathématiques usuelles. Le terme «haut niveau» peut prêter à confusion, car il pourrait être interprété comme un langage complexe et difficilement accessible, réservé aux informaticiens chevronnés, ce qui concerne au contraire le langage de bas niveau.

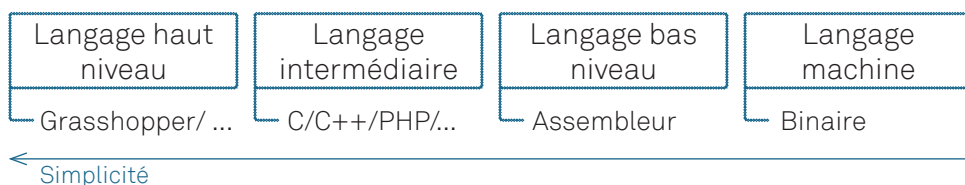


FIG 5 | Types de langages de programmation. url : <<https://openclassrooms.com>>

Grasshopper est un plugin de Rhinocéros 3D, c'est à dire qu'il vient se greffer à celui-ci. Contrairement à ce que l'on appelle «patch» en informatique, qui désigne un correctif non prévu initialement lors de la conception du programme, le plugin lui est une extension qui permet d'étendre les fonctionnalités du logiciel initial. Dans le même esprit, il existe le terme «add-on», qui, traduit littéralement, signifie «ajouter». Dans Grasshopper, les add-ons sont des extensions qui se greffent à Grasshopper afin d'enrichir ses fonctionnalités.

DYNAMO D'AUTODESK:

Dynamo, apparu il y a seulement quelques années, est un outil de programmation visuelle qui se veut accessible aux non-programmeurs, et dont le développement a été soutenu par Autodesk. Dynamo Studio est un environnement de conception paramétrique autonome (ou standalone en anglais) qui ne nécessite pas d'autres logiciels Autodesk pour être installé sur un ordinateur. La version open-source de Dynamo, fonctionne avec une version prise en charge par Autodesk Revit en empruntant son moteur de géométrie, ce qui en fait donc un plugin du logiciel Revit. Il peut également fonctionner avec Maya, et Project Vasari. Cependant les deux versions de Dynamo peuvent lire et écrire les mêmes fichiers.

De la même manière que grasshopper, il donne aux utilisateurs la possibilité de visualiser le comportement de scripts, en utilisant différents langages de programmation. Le processus est le même : nous connectons les éléments ensemble pour définir les relations et les séquences d'actions qui composent des algorithmes personnalisés. Le fait de coupler Dynamo au logiciel Revit permet d'étendre ses fonctionnalités. Cependant à la différence de Grasshopper, le code source de Dynamo est open-source, permettant aux utilisateurs d'étendre ses fonctionnalités librement.

Cette partie reste à approfondir, du fait de son apparition assez récente, les ressources à propos de Dynamo sont moindre que pour Grasshopper.

UNE INTERFACE SIMILAIRE :

Les deux programmes présentent une interface intuitive et évolutive. Néanmoins, celle-ci n'est pas synonyme de limitations fonctionnelles: ces deux programmes offrent une interface modulaire qui, théoriquement, n'a pas de limite. Un projet peut être programmé dans sa totalité, depuis sa forme jusqu'aux détails.

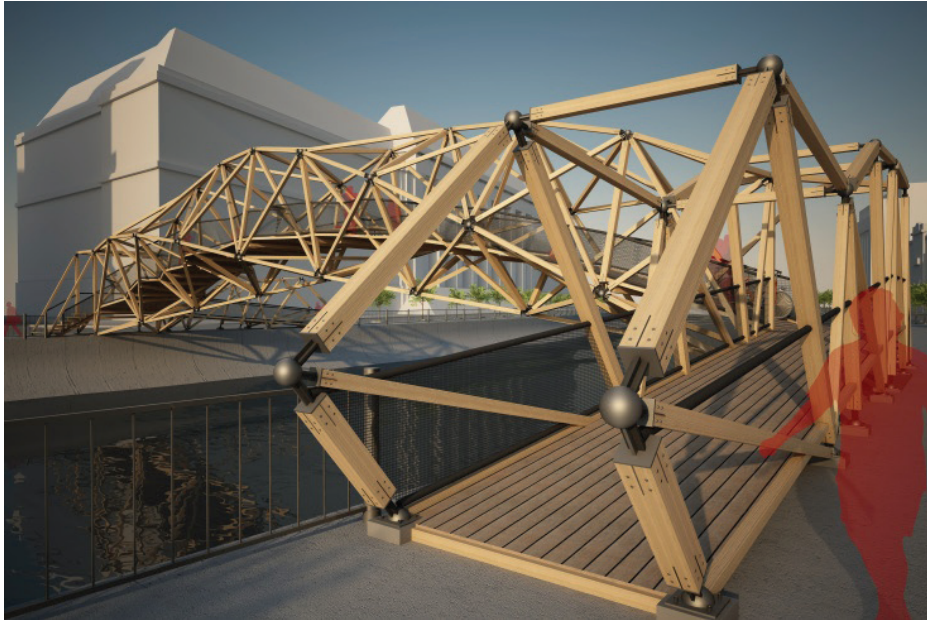


FIG 6 | Roppe Bridge. Ce projet a été conçu par Andrei Nejur dans le cadre du concours Archetypes 2011. L'intégralité de cette passerelle a été dessinée sous Grasshopper.
url : <www.grasshopper3d.com>

Grasshopper étant un plugin de Rhino3D, il est accessible via la ligne de commande de Rhino3D, dépendant ainsi du logiciel de modélisation. Il se présente en deux parties distinctes, à savoir la partie supérieure qui regroupe l'ensemble des composants disponibles pour la réalisation des programmes, ou «scripts», et la «toile» ou «canvas» sur la partie inférieure, dans laquelle on dispose et organise les composants.

Dynamo s'organise également en deux parties principales, une toile au centre où l'on dépose les composants que l'on vient chercher dans la partie gauche de la fenêtre. Cependant, dans le cas de Dynamo, il est possible de visualiser la modélisation directement dans la toile, derrière le script, tandis que la modélisation pour Grasshopper est visualisable dans la fenêtre de Rhinocéros 3D.

L'ensemble du concept de Grasshopper et de Dynamo s'articule autour de ces composants appelés «nodes» (nœuds) comportant des bornes d'entrée et de sortie dans lesquelles transitent des paramètres. Il est donc aisé d'envoyer des paramètres d'un node à l'autre en y effectuant des liaisons.

Un node peut comporter un ou plusieurs paramètres en entrée, et peut générer une ou plusieurs sorties de valeurs. Chaque node correspond en effet à une «boîte» contenant un algorithme de calcul compréhensible par les deux programmes. La plupart des nodes contiennent des algorithmes prédéfinis, certains ont la possibilité de créer nos propres fonctions.

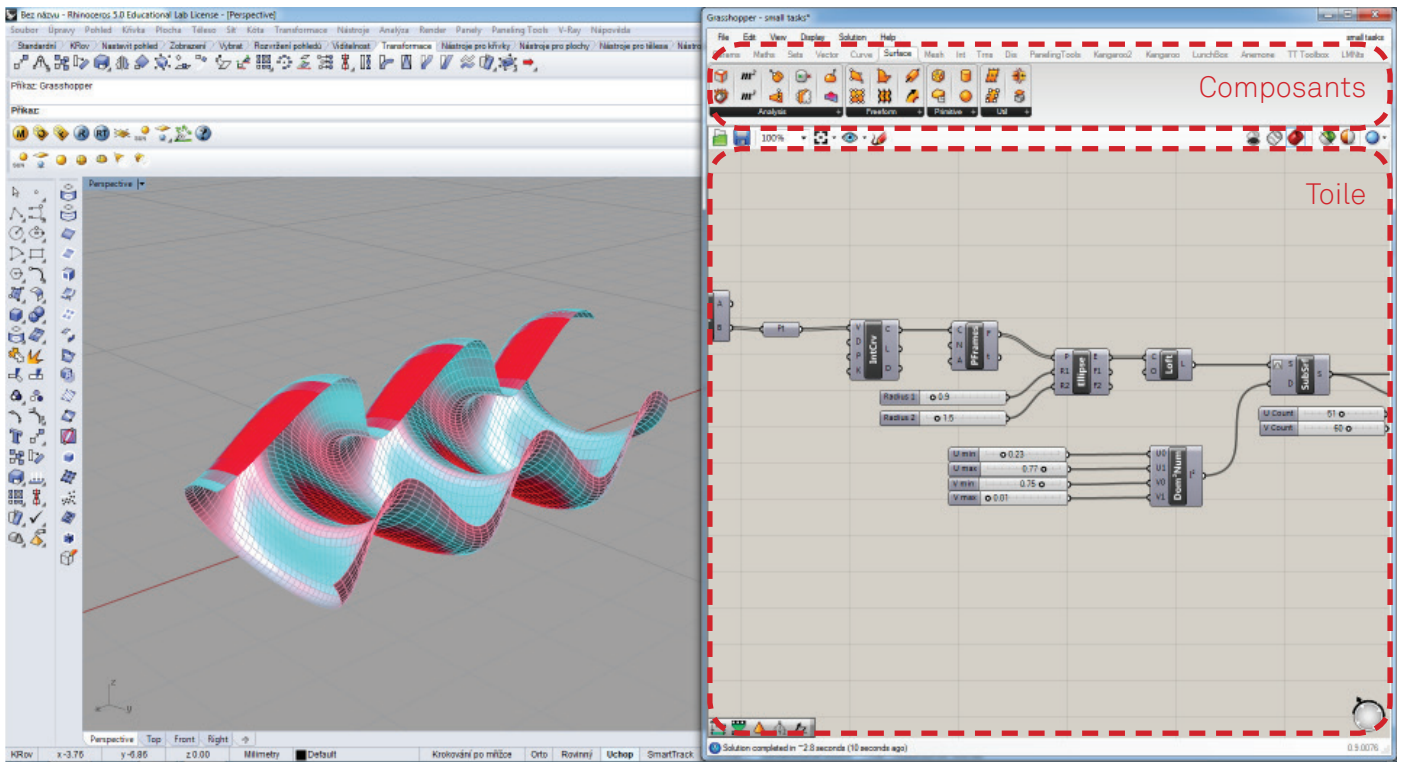


FIG 7 | Interface de Grasshopper.
source : projet personnel

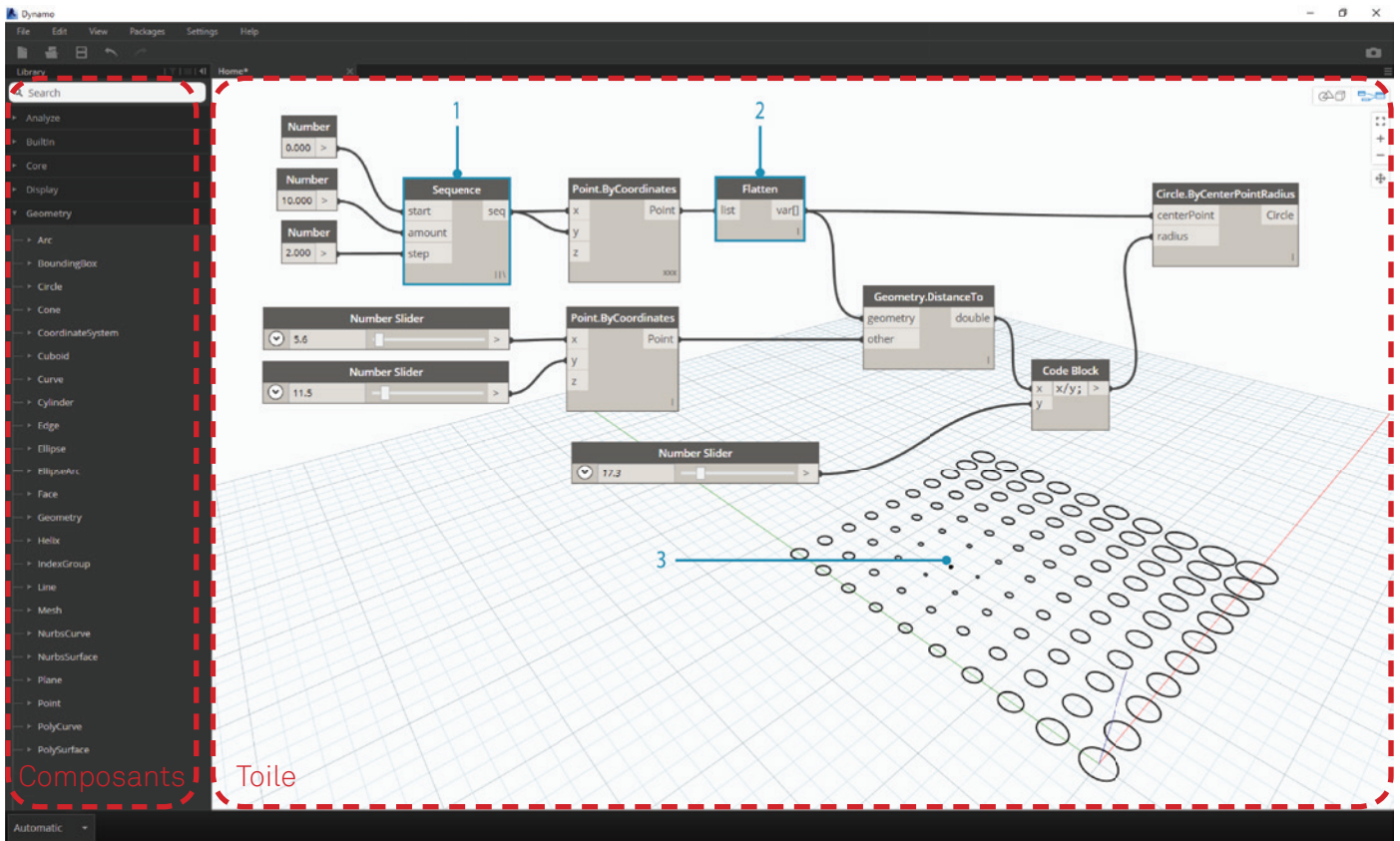
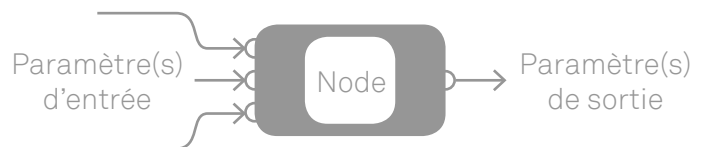


FIG 8 | Interface de Dynamo.
url : <<http://dynamoprimer.com>>

FIG 9 | Système de nodes paramétrables



L'intérêt d'une telle interface est la facilité pour l'utilisateur de modifier des variables à tout moment d'un processus. Ces variables font tout l'intérêt du projet paramétrique, puisqu'elles permettent de modifier des valeurs à n'importe quelle étape de la conception, modifiant ainsi l'ensemble de l'arborescence des composants, et le design ainsi généré. L'utilisateur peut donc expérimenter en temps réel, sans avoir à re-modéliser un projet.

DES POSSIBILITÉS ÉTENDUES :

Les outils de base de ces programmes peuvent être complétés par des extensions appelés add-ons créés par la communauté d'utilisateurs déjà importante, qui n'ont pas la nécessité d'être conçus par l'éditeur des programmes originels. Les possibilités évoluent ainsi de jour en jour sans limite, offrant un large champs possible d'expérimentation. Le site food4rhino propose déjà plus d'une centaine d'add-ons disponibles gratuitement, et simples à intégrer dans Grasshopper. Dynamo est quand à lui un programme open-source, dont le code est ainsi accessible aux développeurs qui veulent étendre ses capacités. Les applications sont variées et s'ouvrent sur des technologies futures comme la robotique, les nouvelles technologies, la domotique, le BIM, etc. Ces améliorations permettent de rendre ces programmes autonomes, où tout l'ensemble d'un projet peut être réalisé au sein du même environnement.

Ici seront traités plus en détail les particularités de ces logiciels vis à vis des logiciels «traditionnels» de DAO et CAO. Certains add-ons utiles pour l'architecture seront étudiés, par exemple les extensions permettant de simuler la gravitation terrestre, utiles pour le design de formes souples et structures tensiles, d'autres add-ons prennent en compte les données météorologiques réelles d'un site. Des générateurs de solution permettent de répondre à un besoin selon des critères précis, ce qui apporte un réel gain de temps, et une optimisation du résultat final. Certaines extensions intègrent des éléments architecturaux BIM prédéfinis et paramétrables. Nous mettrons en évidence ces extensions dont nous expliquerons le fonctionnement et l'application liée à un projet réel.

ANALYSE EMPIRIQUE

Cette partie est en cours d'élaboration, elle regroupera des travaux réalisés avec les deux logiciels au cours de mon Master 1, ainsi que des expérimentations à venir. Le but sera de mettre en évidence les possibilités offertes par ces logiciels dans le cadre des études en architecture, ainsi que les difficultés rencontrées, les améliorations à apporter, l'étude des extensions disponibles pouvant servir à l'élaboration d'un projet.

L'enseignement des outils informatiques est établie en école d'architecture depuis quelques années, comme technique possible de représentation. Ainsi, les étudiants sont sensibilisés aux pratiques de conception directe sur ordinateur, grâce à un traitement des données simultanément à la conception. L'utilisation de l'informatique dans la phase même de la conception permet d'optimiser dès le départ le modèle architectural, et d'avoir un contrôle des éléments architecturaux avec des retours éventuellement possibles à des étapes antérieures. J'ai pu remarquer à plusieurs reprises que le temps de réflexion et d'analyse était écourté par le temps de représentation nécessaire pour chaque rendu de projet ou même pour les corrections nécessitant un affichage. Les délais courts et les attentes nous obligent souvent à nous concentrer sur l'esthétique que nécessite un affichage de rendu, réduisant ainsi le développement de nos recherches architecturales. Ceci est dû en partie à une utilisation de logiciels de DAO qui nous oblige à remodifier chaque élément de rendu à chaque fois que le projet est modifié. J'ai également pu remarquer qu'un certain nombre d'étudiant utilisent plusieurs logiciels de représentation ou de modélisation en fonction du type de documents qu'ils veulent produire, ce qui rallonge encore le processus de conception.

Notre méthodologie de travail s'acquiert selon les outils que nous utilisons. La maîtrise d'un projet dépend de notre maîtrise de l'outil utilisé pour le concevoir, car il rend possible la concrétisation de nos idées. Notre projet prend forme au cours de l'étape de recherche et d'analyse par une collecte d'informations qui seront utiles à la conception. C'est pendant cette étape que se développe notre modèle, qui sera modifié et ajusté selon nos attentes afin d'aboutir à la cohérence de celui-ci. Pour l'architecte, cette phase est cruciale car elle détermine l'esquisse qui servira à l'élaboration du projet pour les phases suivantes, c'est une étape longue, où la paramétrisation et l'usage d'algorithme présentent un avantage.

Les éditeurs d'algorithme visuel semble permettre de concilier la phase de recherche et la phase de conception et de représentation, ce qui est un atout majeur pendant nos études et pour le métier d'architecte. La visualisation directe d'une idée est un gain en temps non négligeable. D'autre part, j'ai pu remarquer que selon mes idées, l'outil que j'utilisais ne me permettait pas toujours d'atteindre facilement mon objectif. Par exemple, la modélisation ou la modification d'une structure courbe de type Grid Shell, ou la multiplication d'instance ayant chacune une dimension dépendant de l'autre est souvent longue à mettre en place. Mon choix d'expérimenter des éditeurs d'algorithme est donc venue de cette difficulté rencontrée pendant la phase de modélisation, où l'idée de départ était trop complexe à mettre en oeuvre avec les outils utilisés dans un premier temps, ce qui a abouti à son abandon.

Par l'expérimentation du logiciel pendant ma première année de Master, j'ai pu mieux comprendre le fonctionnement innovant, et les applications possibles avec ces outils de modélisation. Des articles, textes ou ouvrage me permettront par la suite d'approfondir

les connaissances et de prendre compte les actualités et les innovations dans le mode de la conception architecturale. L'apprentissage de ces nouvelles techniques fait aujourd'hui partie de mon enseignement, et je peux ainsi avoir ma propre opinion en tant qu'étudiante en architecture par rapport à cette évolution du numérique dans l'enseignement. Ces logiciels de conception paramétrique ne se limitent pas seulement au monde de l'architecture, mais intègrent de nombreux add-ons pouvant servir dans différents domaines, comme l'art, le design, le monde audio-visuel, la robotique, l'ingénierie. Il convient donc de comprendre leur fonctionnement et de mettre en évidence les principaux add-on utiles pour le métier d'architecte dans l'élaboration d'un projet.

Les pièces graphiques des travaux et projets d'architecture utilisant ces logiciels sont une ressource utile pour mes recherches, ainsi que la méthode qui a permis de concevoir «l'objet» final, s'inscrivant dans le processus de conception. L'expérimentation directe de certains add-on me permettra de mettre en évidence les caractéristiques de ceux-ci et leurs atouts dans la réalisation d'un projet. Des conférences, textes, écrits m'apporteront des informations supplémentaires sur les atouts ou limites de ces plug-ins.

PROJETS PERSONNELS RÉALISÉS SOUS GRASSHOPPER :



FIG 10 | Windoor Garden. Projet de jardin d'hiver public prenant la forme d'un maillage, dont les deux faces sont accessibles. Grasshopper nous a permis de concevoir précisément les passages, l'accessibilité des dispositifs publics pour rendre la toiture accessible et praticable. Le design du maillage et des poteaux ont également été réalisés sur Grasshopper et Rhinoceros 3D.
Source : Projet de groupe réalisé au cours du semestre 7.

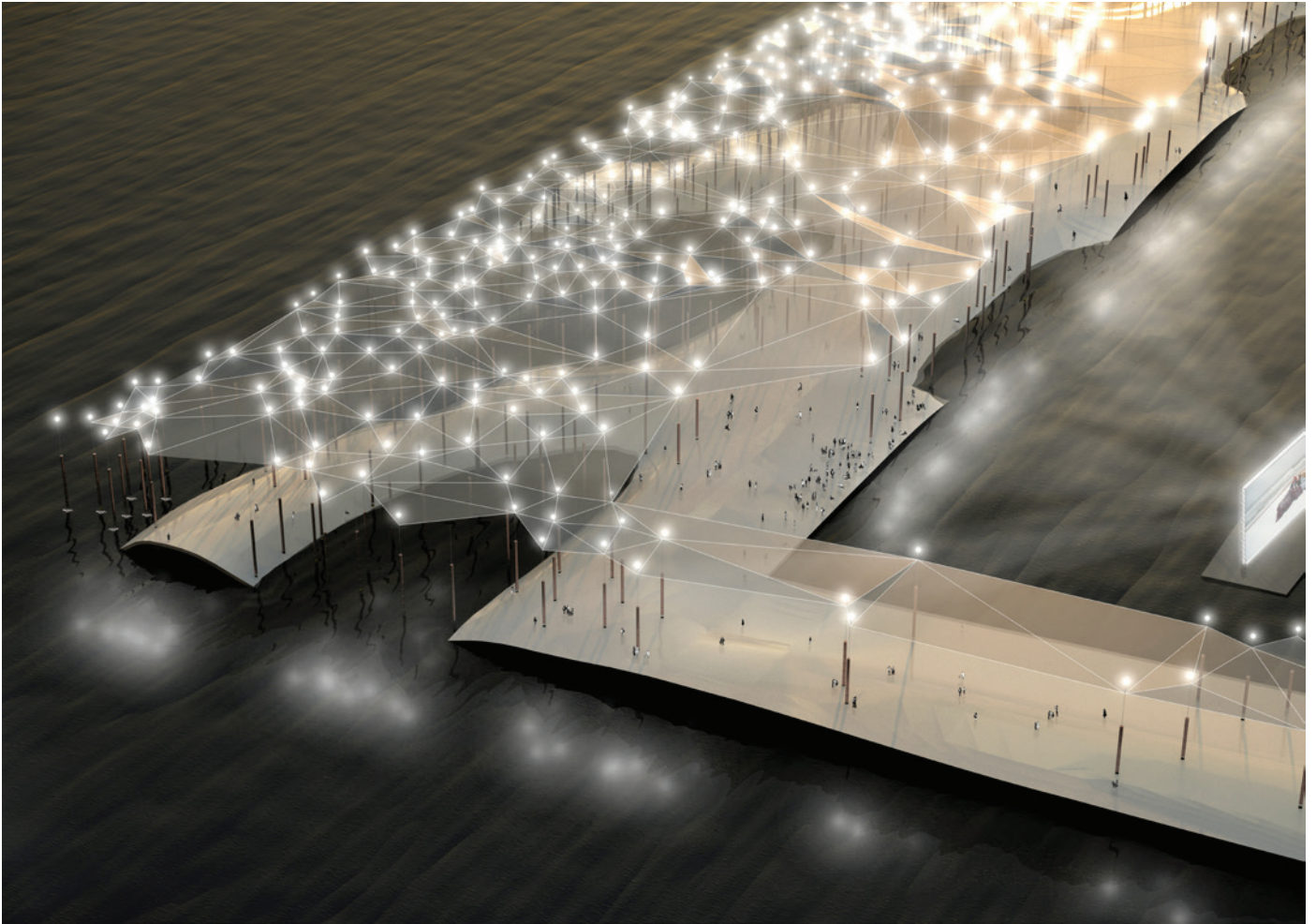


FIG 11 | A field in motion. Projet réalisé dans le cadre du concours Land Art Generator Initiative 2016. Il s'agissait de créer une installation artistique faisant l'interface entre public et énergies renouvelables. L'infrastructure intègre ici les forces naturelles et les activités humaines ensemble pour créer un paysage artificiel s'avancant sur la mer et captant son énergie pour rapprocher les gens du processus.
Source : Projet de groupe réalisé au cours du semestre 8.

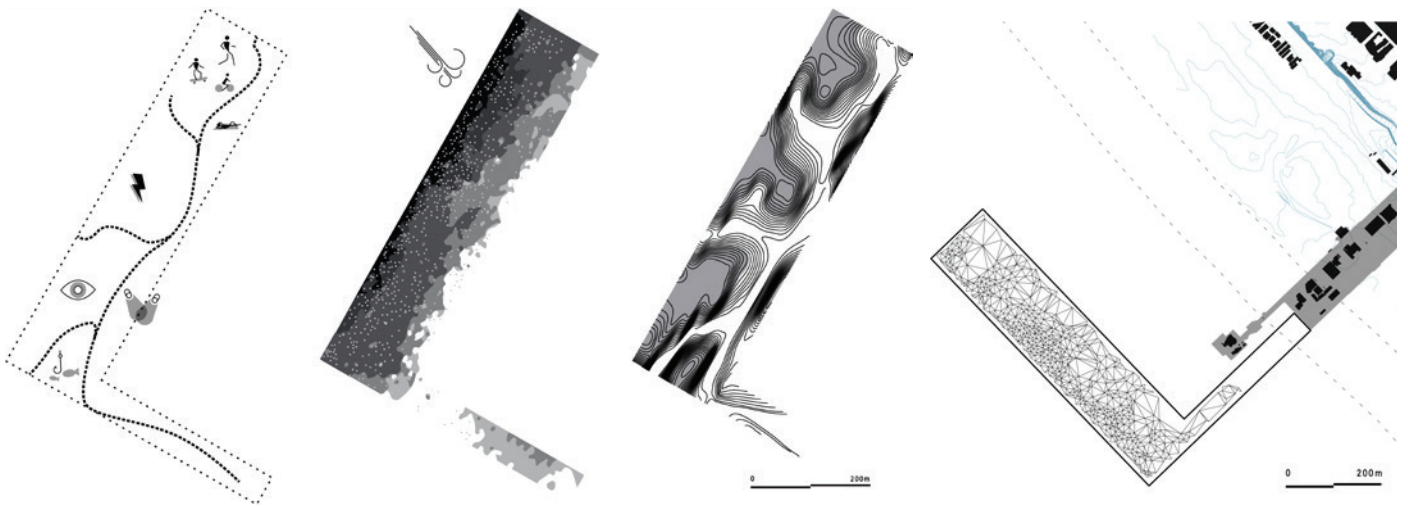


FIG 12 | A field in motion. Ce paysage est modulé de façon à proposer des espaces selon ses variations climatiques . La composition et la densité des colonnes suivent la direction du vent et le chemin du soleil afin de suggérer des endroits ensoleillés ou ombragés, chauds ou froids , venteux ou calmes. La topographie est modélisée selon la marée, découvrant des passages et des plateformes à usage du public. Le toit n'imité pas les vagues seulement de façon esthétique, mais transmet leur mouvement instantanément, montrant au public la quantité d'énergie impliquée dans le processus.
Source : Projet personnel réalisé au cours du semestre 8.

CONCLUSION

Les logiciels de programmation visuelle proposent une nouvelle manière de penser l'architecture, en permettant des procédés de création de formes libres mais pleinement contrôlées. La maîtrise du processus tout au long de la conception est ainsi rendu possible grâce à l'outil informatique.

Dans l'enseignement, l'interface simple et intuitive favorise l'exploration des multitudes d'opérations possibles pour la recherche architecturale et dans bien d'autres domaines. Elle est accessible de par sa simplicité à différents corps de métiers et à l'enseignement. En agence, les formes paramétrables et optimisables ainsi créées semble être un atout au cours d'une phase d'esquisse ou de concours, permettant aussi de combiner cette recherche par une analyse sur différents fronts liés au BIM, afin de prendre de l'avance sur toutes questions que peut soulever un projet. Les add-ons dévoilent des scripts dédiés à l'analyse structurelle et énergétique, ce qui vient agrémente les savoirs des architectes sur des questions relevant de l'ingénierie.

Les possibilités paraissent sans limites, à l'image des innovations techniques et de la haute technologie qui ne cesse d'évoluer, et qui s'appliquent aujourd'hui dans de nombreux domaines. Des scripts voient le jour grâce à une communauté qui ne cesse d'augmenter et dont le but est de partager le savoir et les compétences dans des univers différents mais qui dépendent les uns des autres. Ils offrent une perspectives dans l'innovation ou l'expérimentation architecturale.

Les capacités de ces logiciels semblent très encourageants, malgré qu'ils soient encore peu connus et utilisés des étudiants en architecture. Leur emploi en agence d'architecture est encore récent et rare.

Notre génération d'étudiant voit se démocratiser l'utilisation d'outils nouveaux pour l'architecture, avec des systèmes informatiques de plus en plus puissants. On sent venir une nouvelle génération d'architectes ayant la maîtrise de ces outils de conception paramétrique, qui leur permet d'être plus polyvalents. Nous pouvons espérer que ceci converge vers de nouvelles méthodologies de conceptions architecturales et artistiques.

Pour la phase finale du mémoire, un approfondissement sur les aspects fonctionnels de ces outils sera réalisé. La description du processus de modélisation des projets présentés en troisième partie permettra de comparer les difficultés de mise en oeuvre selon le logiciel utilisé. Les applications possibles seront analysées et illustrées, afin de mettre en avant leur potentielle utilité dans l'enseignement de l'architecture, qui est encore trop marginale aujourd'hui. Des sondages pourront produire des retours et une analyse critique parmi les étudiants en architecture, sur la potentialité de ces outils, qui diffèrent des logiciels habituels. Ceci nous permettra de conclure si l'outil utilisé influence notre manière de concevoir.

ANNEXES

Figureront dans l'annexe des parties de script utilisant des add-ons, des documents d'étude concernant la modélisation paramétrique.

GLOSSAIRE

Add-on : Extension qui s'ajoute à un plugin afin d'étendre ses fonctionnalités de manière spécifique.

Algorithme : Ensemble d'opérations mathématiques ou d'instructions prédéfinies permettant de générer des solutions à un problème donné.

Automatisation : répétition d'un script un nombre de fois prédéfini.

BIM : La Building Information Technology ou Modélisation des données d'un bâtiment représente l'ensemble d'un système complet de création de maquette numérique, contenant les différents éléments constitutifs d'un projet architectural, dont les aspects financiers, les métrés, les éléments architecturaux, les environnants, et la collaboration entre les différents acteurs de ce projet.

CAO : La Conception Assistée par Ordinateur est un système informatisé muni d'outils spécifiques qui permettent de concevoir et de simuler des projets virtuels.

DAO : Le Dessin Assisté par Ordinateur est un système informatisé qui permet de remplacer le dessin à main levée.

Interface logicielle : Ensemble de l'organisation visuelle d'un logiciel. L'interface permet la communication entre l'homme et la machine grâce à une syntaxe spatiale compréhensible.

Langage informatique : Un langage informatique permet de créer un programme commandant l'ordinateur pour exécuter une séquence d'instructions. (Les langages de bas niveaux)

Logiciel : Programme informatique exécutant et ordonnant des tâches spécifiques.

NURBS : Non-Uniform Rational Basis Splines ou B-splines rationnelles non uniformes. Les NURBS sont des courbes qui représentent des formes géométriques par des formes mathématiques lisses. Une courbe NURBS lisse une polygone en ajoutant des fractions de lignes intermédiaires, modifiant ainsi l'allure de la courbe.

Optimisation : Acte de réaliser une série d'opérations visant à obtenir le meilleur état d'une situation suivant des objectifs définis, comme une réduction du temps d'exécution et de l'espace occupé par des données.

Outil informatique : Ensemble de l'interface matérielle et logicielle d'un système informatique.

Plugin : Extension qui ajoute un sous-programme à un logiciel avec des fonctionnalités propres.

Script : Fraction de programme qui réalise une tâche très précise. Un ensemble de scripts constitue un programme.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages :

- Tedeschi Arturo. (2014), *AAD Algorithms-Aided Design, Parametric strategies using Grasshopper*, édition Le penseur.
- Architectural Design, *Computation works, the building of algorithmic thought*, March April 2013, n222.
- Architectural Design, *Material Synthesis, Fusing the Physical and the Computational*, September October 2015, n237.
- Architectural Design, *Mathematics of space*, July August 2011, n212.
- Architectural Design, *Versatility and vicissitude, performance in Morpho-Ecological Design*, March/April 2008, n192.

Sites internet :

- Rhinoceros 3D, Support du logiciel, url : <www.rhino3d.com>
- Food4Rhino, plugins & add-ons, url : <<http://www.food4rhino.com>>
- Add-on Firefly, url : <www.fireflyexperiments.com>
- RUTTEN David, Grasshopper3D, url : <www.grasshopper3d.com>
- Featuring parametric and computational architecture and design, url : <nparametric.tumblr.com>
- Arduino, Programmation Arduino, url : <openclassrooms.com>
- Architectural Parametric Modelling, url : <www.archa3d.com>
- Grasshopper Workshop, url : <scripting.molab.eu>
- MOLAB Cabinet at the Faculty of Architecture CTU in Prague, url : <molab.eu>
- Grasshopper Primer 2015, url : <grasshopperprimer.com>
- Dynamo Primer 2015, url : <dynamoprimer.com>
- Définition du BIM, url : <www.ecome.fr>
- Studio Fuksas, url : <www.fuksas.com>
- Frei Otto - Modeling with soap films. url : <<https://youtu.be/-IW7o25NmeA>>
- Neri Oxman, url : <www.materialecology.com>

Expositions :

- Ateliér FLOW, Florián-Kurilla, Faculty of Architecture of CVUT, Prague, République Tchèque.
- Studenskà Noc, ATV Experimental Design Studio & PET-MAT, Faculty of Science of CVUT, Prague, République Tchèque.
- Atelier Achten, Final Studio Presentation, Faculty of Architecture of CVUT, Prague, République Tchèque.

