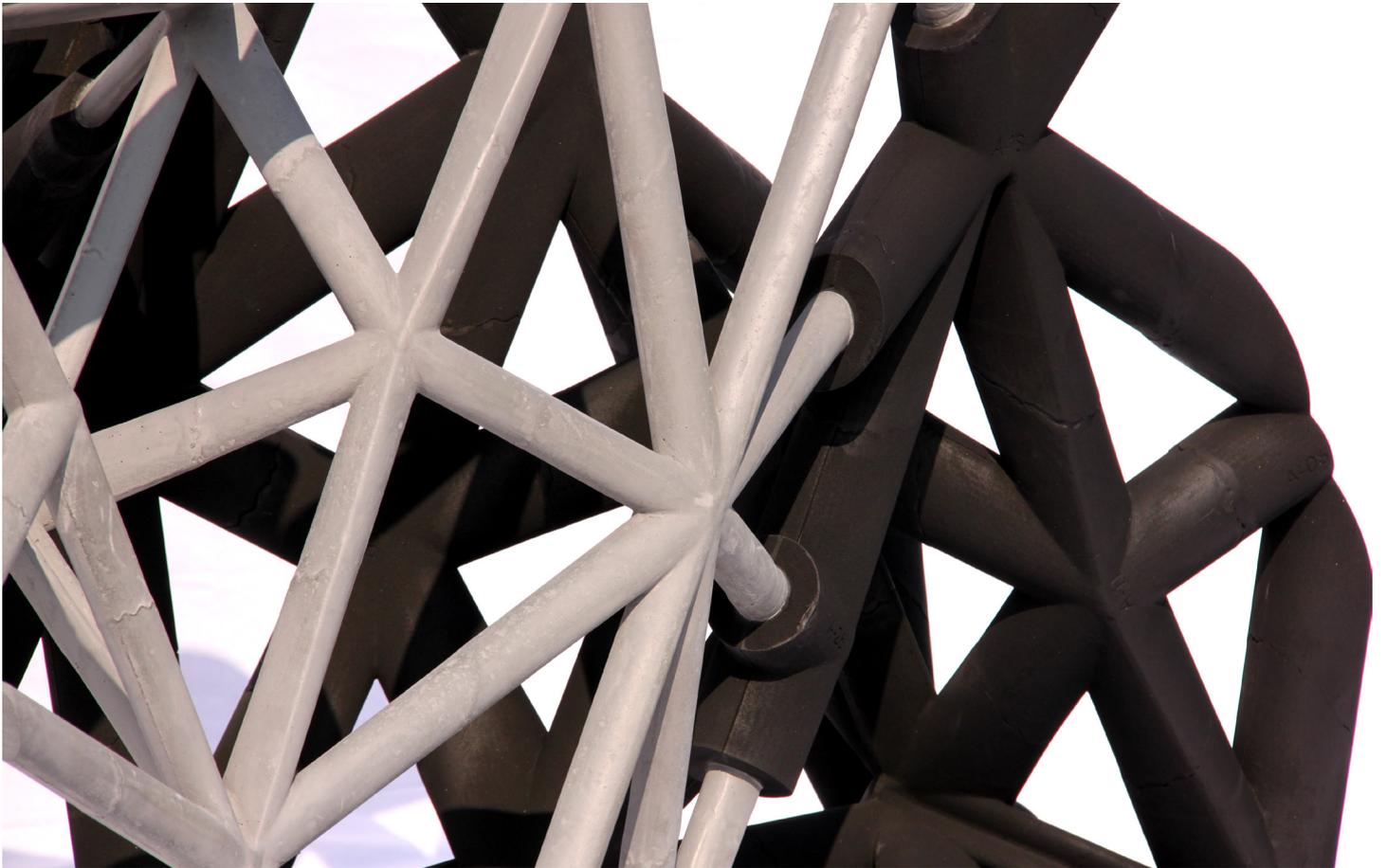


EZCT

ARCHITECTURE & DESIGN RESEARCH



Rapport de stage licence (L3)

ENSAPM Juillet 2013

MATHIEU VENOT

INTRODUCTION

EZCT Architecture & Design Research est une agence qui se démarque par ses projets orientés vers la recherche et la performance architecturale, grâce aux outils numériques et informatiques actuels. Elle s'intéresse à la question des répercussions de la CAO sur les méthodes de construction du bâtiment, et à celle de la programmation et des mathématiques comme langage architectural.

Dans mon cas, j'ai choisi comme première vision du métier d'architecte ce champ disciplinaire un peu hors normes, en marge des manières de pratiquer l'architecture, pour plusieurs raisons.

D'une part, les problématiques et potentiels qui découlent des nouvelles technologies sont des sujets qui m'intriguent et auxquels je porte un intérêt certain, en particulier en vue d'une application dans les domaines de l'architecture.

D'autre part, la découverte d'une branche de l'architecture qui se veut plus axée sur la recherche, l'expérimentation et l'innovation est pour moi un moyen de voir et d'apprendre des nombreux modes d'exercices qui existe au sein du métier d'architecte.

Et enfin, de pouvoir observer le fonctionnement, les objectifs et les enjeux d'une agence d'architecture, ainsi que les stratégies et moyens mis en place pour permettre le bon déroulement et la pérennité de celle-ci.

SOMMAIRE

// Agence

1. Equipe
2. Organisation
3. Pratique
4. Enseignement
5. Recherche

// Stage

1. Prototypage
 - a. Fraisage CNC
 - b. Impression 3D
 - c. Robotique
2. ArchiLab
 - a. Contexte
 - b. Modélisation
 - c. Fabrication

// Reflexion Personnelle

// Remerciements

EZCT
ARCHITECTURE &
DESIGN RESEARCH

AGENCE

EZCT Architecture & Design Research est une agence d'architecture et de design fondée en 2000 par Philippe MOREL (architecte), Felix AGID (architecte) et Jelle FERINGA (artiste designer). Leur travail met en relation les sciences, les technologies numériques et informatiques actuelles, et les procédés de fabrication industriels. Grâce à des échanges, collaborations, et partenariats entre théoriciens, praticiens et universitaires aux domaines d'intérêt précis, EZCT développe ses recherches par des réalisations, expérimentations et productions à la fois tangibles et architecturées.

L'agence s'engage dans la conception et la construction de projets variés, en appliquant leurs recherches de façon rationnelle suivant les situations (contraintes spatiales, économiques...). EZCT combine dans son exercice les différentes caractéristiques de l'architecture et du design.

1. Equipe

- Philippe MOREL

Architecte diplômé de Paris-Belleville

Enseignant à Paris-Malaquais (P2 / P7-P9, Département Digital Knowledge)

Enseignant à UCL Bartlett (GAD RC5)

Doctorant en Philosophie à l'université Paris X Nanterre

- Felix AGID

Architecte diplômé de Marne-la-Vallée

Enseignant aux Beaux-arts du Mans (Programme de recherche Synthetic)

Enseignant vacataire à Paris-Malaquais (Workshops, P2 / P7-P9 / P8)

Doctorant en Histoire et Philosophie des Mathématiques à l'EHESS

- Jelle FERINGA

Enseignant à TU Delft (Laboratoire Hyperbody)

Doctorant à TU Delft

- Marie MAROULI

Architecte

- Marie DUFAU

Architecte

Autres intervenants :

- Thibault SCHWARTZ, Architecte, Doctorant à Paris Malaquais

- Tristan GOBIN, Etudiant Master ENSA Paris Malaquais

- Marie LHUILLIER, Etudiante Master ENSA Paris Malaquais

- Pierre MARQUIS, Etudiant Master ENSA Marne la Vallée

2. Organisation

L'agence se décompose en deux pôles, aux modes d'exercice complètement différents.

D'un côté, les Marie qui se chargent des projets d'architecture, de rénovation et de réhabilitation, ainsi que des chantiers.

De l'autre, un pôle recherche et expérimentations auquel se livrent le reste de l'équipe.

Evidemment, il arrive souvent que certains membres prêtent main-forte à l'autre, en particulier pour le cas des réunions de chantiers et des productions de documents (plans, coupes, élévations, photomontages, rendus 3D, DCE, permis de construire...).

3. Pratique

L'agence travaille sur de nombreux projets d'architecture, par exemple Starbucks Coffee France à Paris, les magasins Aigle ou encore la chaîne de restaurants Matsuri à Paris, Lyon, Reims, ou encore Genève, mais aussi sur des projets de petits logements ou d'appartements. EZCT détient aussi une grande expérience en matière de projets publics d'enseignement, en particulier par sa collaboration depuis plusieurs années avec l'agence Marc Dalibard société d'architecture, notamment pour plusieurs concours tels que le collège Campras à Aix-en-Provence, le concours Arenc Bachas (projet lauréat), ou encore celui du lycée Le Muy (projet colauréat).

4. Enseignement

Chaque associé de l'agence s'investit dans ces deux domaines que sont la recherche et l'enseignement, comme moyen pour explorer davantage certains aspects de leur pratique et ainsi partager et apprendre, que ce soit aussi bien pour ou par les étudiants universitaires.

Philippe MOREL, enseignant à l'École Nationale Supérieure d'Architecture de Paris-Malaquais depuis 2003, a pour cela créé en 2009, en cotutelle avec Christian GIRARD (architecte, enseignant) et Pierre CUTELLIC (architecte, enseignant), ainsi qu'avec des partenariats comme Gehry Technologies Europe, le programme pédagogique Digital Knowledge. Programme et département fortement représenté en Master, il s'étend aussi au cycle Licence avec, depuis 2 ans la mise en place des Intensifs Numériques aux deuxième et troisième années (L2 / L3), et depuis 1 an un studio en P6 (L3).

Ce programme d'enseignement se veut une ouverture et initiation à la pratique et connaissance computationnelle, de l'algorithmique aux moyens techniques, de la conception à la fabrication assistée par ordinateur, véritable enjeu du XXI^e siècle. En pratique, les étudiants sont formés à l'utilisation de logiciels paramétriques, tels Digital Project ou Grasshopper/Rhinoceros, et

AGENCE

aux outils de fabrications, comme la découpe laser, l'usinage numérique, la robotique ou l'impression 3D, qui permettent dorénavant une continuité dans le processus de conception (File-to-Factory), mais aussi la réalisation de modèles architecturaux à grandes échelles et le prototypage en taille réelle. Les projets obtenus et développés lors de ces enseignements seront représentés à une exposition de fin d'année.

Philippe MOREL enseigne par ailleurs à UCL Bartlett (Londres) dans le Diploma Unit et le GAD depuis 2012 (avec l'intervention de Thibault SCHWARTZ et Tristan GOBIN), et auparavant à AA (Londres) dans le DRL et au Berlage Institute (Rotterdam) en 2011. Il est également l'auteur de nombreux essais, et donne de nombreuses conférences à travers le monde.

Felix AGID, enseignant à l'Ecole Nationale Supérieure des Beaux-Arts du Mans depuis 2010, est en charge de la coordination des DNSEP (Diplome National Supérieur d'Expression Plastique) de la partie design, et a créé en 2012, en cotutelle avec Christian MORIN (spécialiste hypermédias, enseignant), le programme de recherche Synthetic qui vise à interroger l'impact du computationnalisme sur les modes productions et de travail, en réunissant plusieurs acteurs que sont les académiques, scientifiques et industriels, afin d'envisager la production dans le design et l'architecture par l'automatisation, la vision machine, les matériaux avancés et les sciences cognitives. Pour cela, il développe ce programme par un enseignement du design et de l'architecture basé par la formation du modèleur génératif 3D Grasshopper/Rhinoceros et la connaissance des processus de fabrication industrielle multiples, notamment grâce à des partenariats avec des industriels locaux et avec l'Institut Supérieur des Matériaux et Mécaniques Avancés. Il participe également à de nombreux Workshops, comme les Intensifs Numériques à Paris-Malaquais, à l'Ecole Nationale Supérieure de Création Industrielle, ou encore TU Delft, avec aussi les interventions de Thibault SCHWARTZ et Tristan GOBIN.

Jelle FERINGA, enseignant à Delft University of Technology depuis 2009, fait parti du groupe de recherche Hyperbody, initialement créé par Kas OOSTERHUIS en 2000, qui a pour objectifs d'explorer les techniques et méthodes de conception et construction des architectures non standard, virtuelles et interactives. Cela se caractérise par la mise en place de techniques de pointe et une étroite collaboration entre chercheurs et étudiants.

Jelle FERINGA y travaille ici sa thèse intitulée "Design par simulation", en intégrant simulation et calculs génétiques et évolutionnaires, il est également expert en architecture computationnelle, a pris part à de multiples projets de logiciels libres (open source), tels PythonOCC et ECSPY. Il est aussi l'un des premiers à avoir fait l'usage des techniques d'usinage Hotwire (découpe au fil chaud).

C'est d'ailleurs dans ce groupe de recherche que David RUTTEN a étudié, et où il a commencé à développer son logiciel de modélisation 3D associatif pour Rhinoceros, Grasshopper.

5. Recherche

Dans le but de saisir le caractère très spécifique de la conception et construction contemporaine dans toutes ses dimensions (à la fois matérielles, physiques, mais aussi conceptuelles et politiques), EZCT fait appel aux technologies numériques et informatiques de pointes. Que ce soit par des collaborations avec des chercheurs, des industriels, des constructeurs ou des entreprises, que ce soit pour des recherches vastes et ouvertes, mais constamment liées à des initiatives concrètes ou des exigences constructives, que ce soit à l'intérieur même de l'agence, EZCT explore, expérimente et réalise ses idées au moyen de la maîtrise, connaissance et usage de ces outils logiciels spécialisés et des machines de fabrications à commandes numériques (CNC).

L'agence présente ainsi ses activités en France comme à l'étranger :

- ArchiLab 2004 à Orléans (The Naked City, 2004)
- TU Delft à Rotterdam (Performative Architecture, 2004)
- Havard GSD à Cambridge (Loopholes within Theory & Practice, 2005)
- Mori Art Museum à Tokyo (New Visions in Architecture, Art and the City, 2005)
- Columbia GSAP à New York (2006)
- MIT à Cambridge (2006)
- MAV à Marseille (L'architecture au-delà des formes, le tournant computationnel, 2007)
- FUEL Gallery à Philadelphie (ScriptedByPurpose, 2007)
- Biennale d'Art Contemporain de Séville (Youniverse, 2008)
- Centre Georges Pompidou à Paris (Multiversités Créatives, 2012)
- ArchiLab 2013 à Orléans (Naturaliser l'architecture, 2013)
- Centre Georges Pompidou à Paris (Collection permanente)
- FRAC Centre à Orléans (Collection permanente)

EZCT a également participé à la scénographie de l'exposition Architectures Non Standard du Centre Georges Pompidou à Paris en 2003, un des travaux phares étant la réalisation des Chaises Algorithmiques axée sur une recherche d'optimisation de formes avec Mathematica (en collaboration avec l'INRIA (Institut National de Recherche en Informatique et Automatique) et Maryvonne TEISSIER (mathématicienne)). L'agence a également été élue colauréat, avec lab/DORA, pour le concours international du Pavillon Seroussi à Meudon en 2006. Récemment, EZCT vient de remporter un concours pour une couverture à Aix-en-Provence, qui est une application et continuité du travail réalisé pour ArchiLab 2013.

STAGE

Mon stage peut se résumer en deux étapes distinctes :

- Dans un premier temps, la formation et l'apprentissage des machines de prototypage industriel, en particulier le fraisage numérique trois axes, l'impression 3D et la robotique.
- Dans un second temps, le travail sur le projet d'ArchiLab 2013, avec la modélisation 3D générative et optimisée d'un assemblage complexe, puis l'application de ces procédés de fabrication.

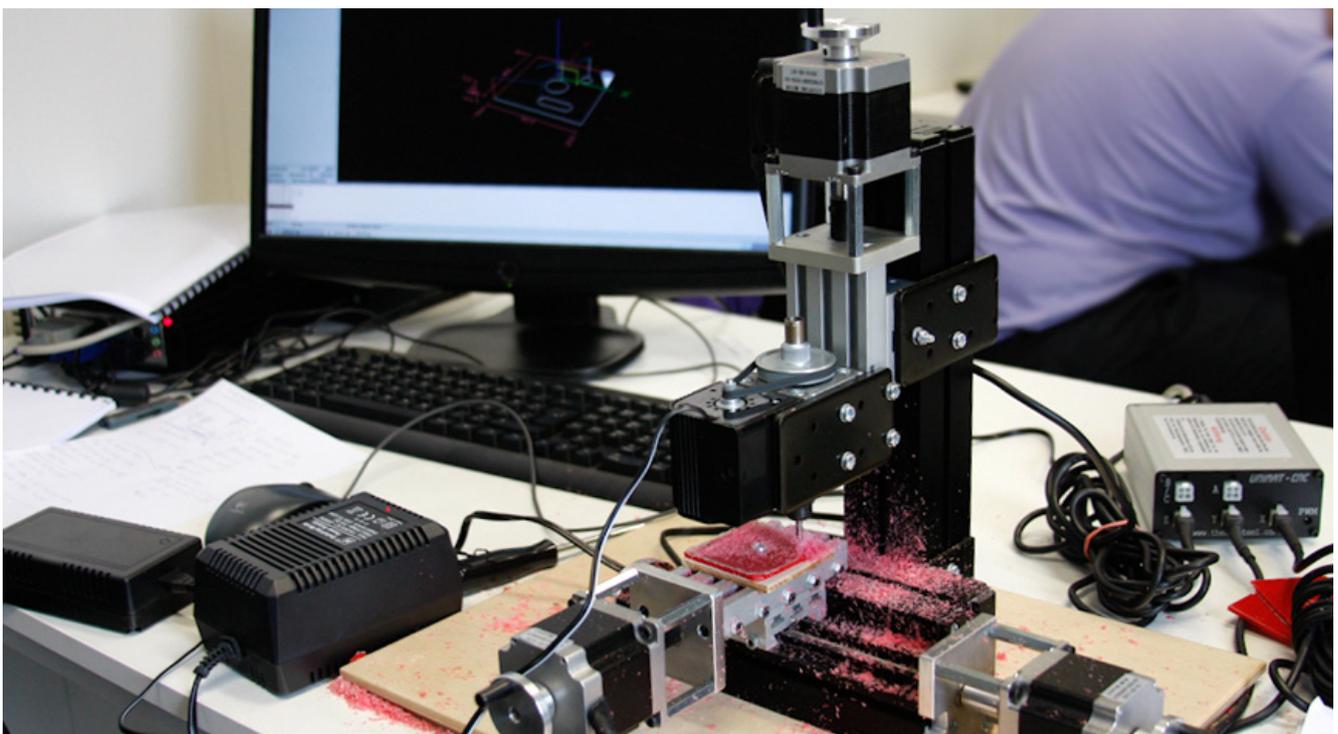
Ce second temps n'étant qu'une partie du travail total réalisé pour ArchiLab 2013, car projet principal de l'agence depuis 2012, j'ai donc été affecté à une tâche précise sur la totalité du projet.

1. Prototypage

La première partie de mon stage a donc été de manipuler des machines d'usinages et de prototypage rapide. Pour cela, j'ai eu l'occasion d'expérimenter trois domaines ou méthodes de fabrication, la première par enlèvement de matière (fraisage ou usinage), la deuxième par ajout de matière (impression 3D) et la dernière, un peu à part, par l'utilisation d'un bras robotisé, qui permet donc de lui assigner l'outil que l'on désire.

a. Fraisage CNC

Pour ce premier type de machine, il s'agissait d'une fraiseuse numérique de précision, à l'origine pour petits volumes (10x10x10cm), orienté bijouterie. Le but est d'usiner dans un bloc à l'aide d'une mèche ou fraise tenue sur un axe en Z.



STAGE

Le problème de ces machines est que leur connectique date et ne supporte pas l'USB actuel. Mon rôle a donc été de changer l'électronique de cette machine pour pouvoir la contrôler depuis un port USB classique, et en même temps, de développer un générateur de code depuis Grasshopper/Rhinoceros (basé sur les composants développés auparavant par Thibault SCHWARTZ).

CNC Milling (with Grasshopper & GRBL)

Tutorial 01
June 2013

```
for (CNC Milling) {
  Grasshopper cluster in order to make Gcode milling toolpath (3 axis machines), based
  on HAL ABB robots (re)programming by Thibault Schwartz
  &&
  Java software to send the Gcode to the CNC Milling machine, here used with the
  Unimat CNC
}
```

_This cluster is still experimental and WIP.

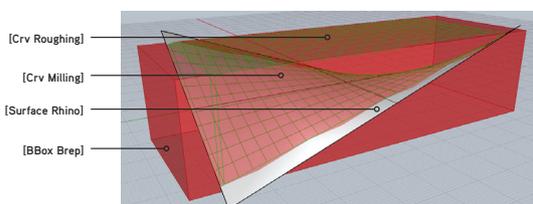
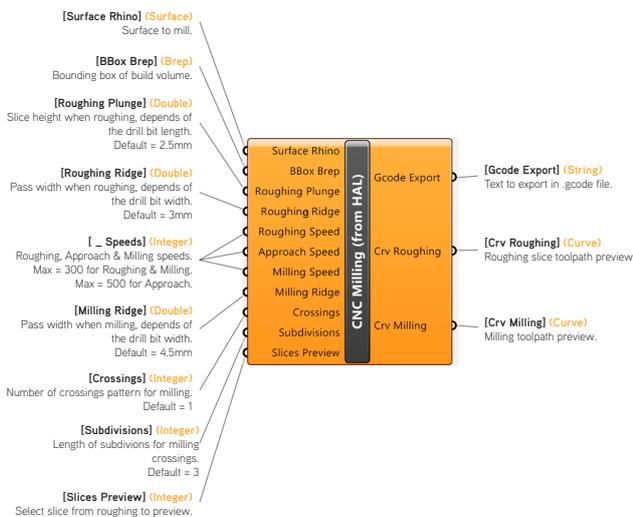
PRE-REQUIRED SOFTWARES :

- // Rhinoceros 4 or 5
<http://www.rhino3d.com>
- // Grasshopper build 0.90014 or higher
<http://www.grasshopper3d.com>
- // HAL plugin 0.04.5 or higher (with a valid licence)
<http://hal.thibaultschwartz.com>

DEPENDENCIES :

- // Install Arduino_
<http://arduino.cc/en/Main/Software>
Install USB driver when asked
- // Install Java_
<http://www.java.com/fr/download/>
- // Install Universal GcodeSender_
<https://github.com/winder/Universal-G-Code-Sender>
Just copy unzipped folder
- // Install CNC Milling (from HAL) Cluster_
Launch Grasshopper, go to File > Special Folders > Components Folder
Copy CNC Milling (from HAL).ghcluster to this Components folder

CLUSTER DESCRIPTION :



CNC Milling 'Grasshopper Cluster' (from HAL)

Tutorial 01
June 2013

INFORMATIONS :

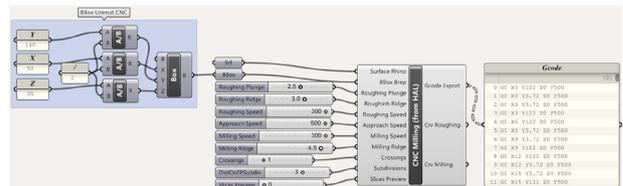
For the moment, polysurfaces and meshes are not supported yet, only single surfaces can be used.

If the surface is too big, it will be trimmed by the bounding box.

Sometimes, it won't take the surface and doesn't generate the roughing/milling codes, for that you need to find a right orientation/size of your surface inside the bounding box, and try different settings on the cluster (according to the values of your tool, don't set a too big Ridge for small pieces, etc).

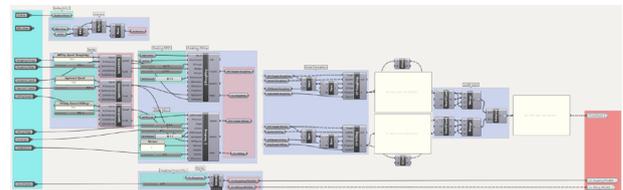
EXAMPLE :

Settings example for the Unimat CNC.



CLUSTER EXPLODE :

Just for reference.

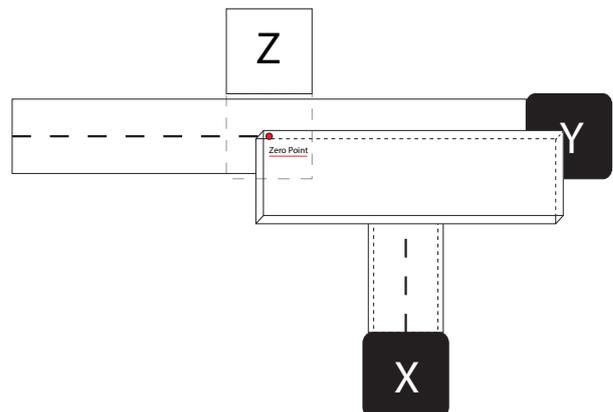


WIRING :

- Plug the motor cables (X, Y, Z) onto the GRBLShield cables.
- Plug the power adapter.
- Plug the USB cable between the Arduino Uno and your computer.

HOMING (ZERO) POSITION :

Before starting, align the plate/block according to the next picture, with some margins (1 or 2mm) on the corner, by turning manually the stepper motors.



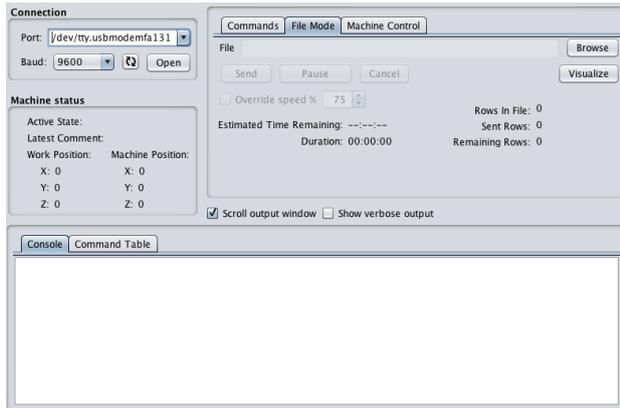
STAGE

USING :

// Open connection :
Select the right Port corresponding to the Arduino Uno
Make sure the Baud is set to 9600
Then click Open

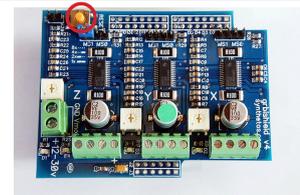
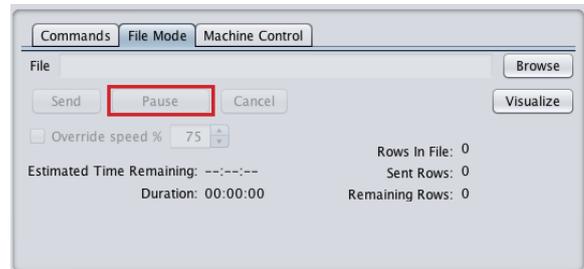
// Machine Control :
In this tab, you can align the build plate by clicking on the X, Y, Z +/- buttons or with keyboard arrows if the Enable Keyboard Movement checkbox is on (faster than doing this manually, helpful for Homing Position step)

// File Mode :
Browse your .gcode file previously created
Override the Gcode speed if you want
Then click Send



EMERGENCY STOP :

// In case of problem, you can stop the machine movement :
1. By clicking on the Pause button in Universal Gcode Sender
2. By pushing the Reset button on the GRBLShield (but no possibility to Unpause after)



NEW JOB :

// For each new start, you need to :
1. Re-align the build plate as explained in Homing Position step
2. Click on Reset Zero in Machine Control tab or Close/Open the connection to make sure the Work and Machine Position are set to 0,0,0 on the 3 axes before start

Manuel & Instructions pour l'utilisation des logiciels et de la fraiseuse CNC (Unimat CNC) que j'ai réalisé pour EZCT

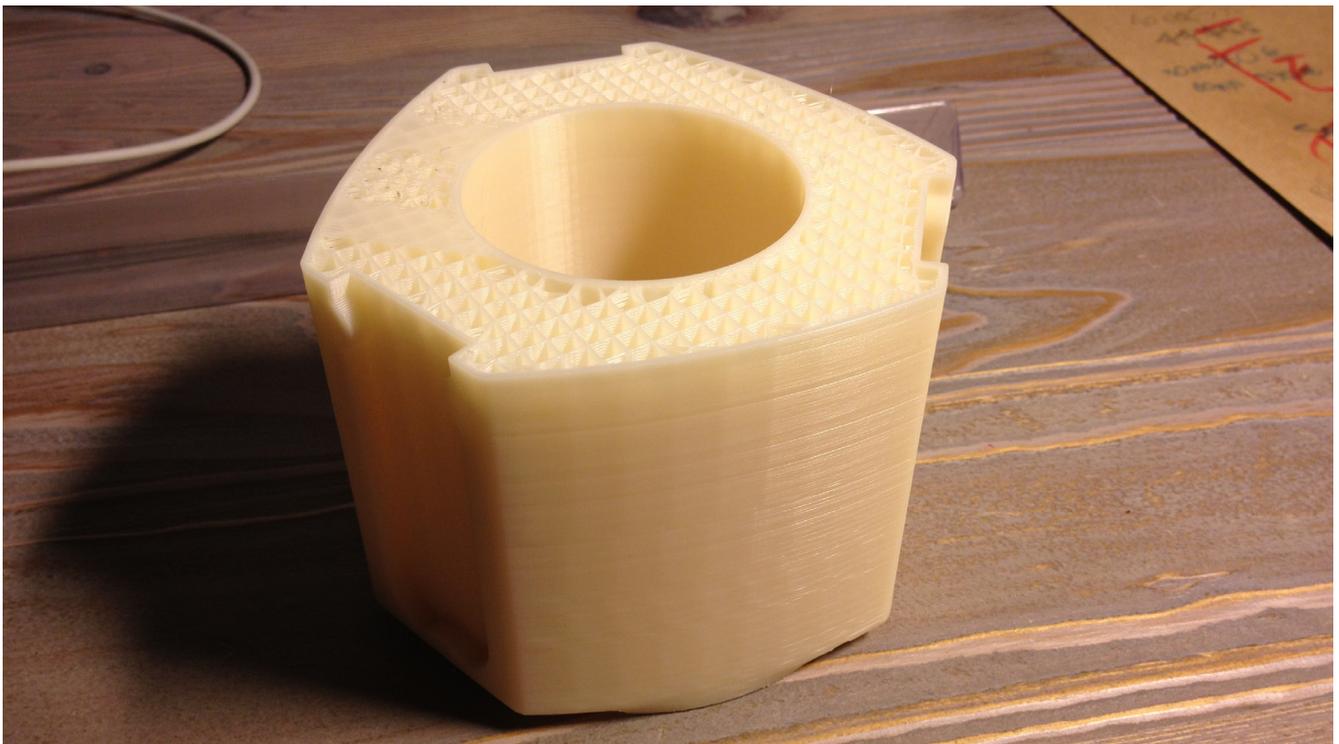
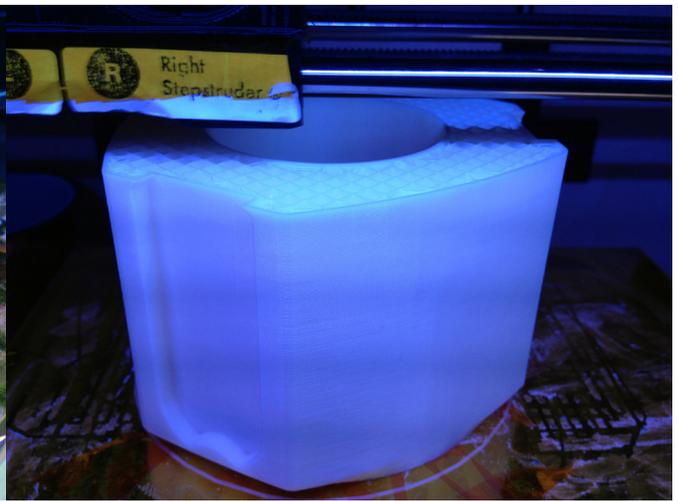
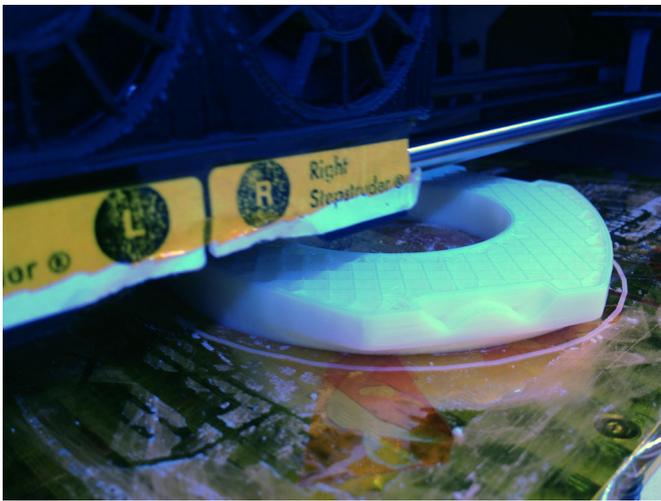
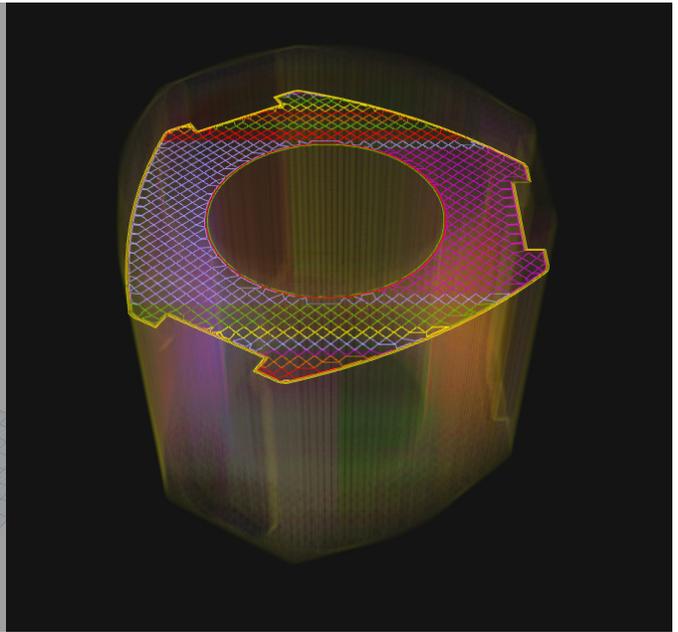
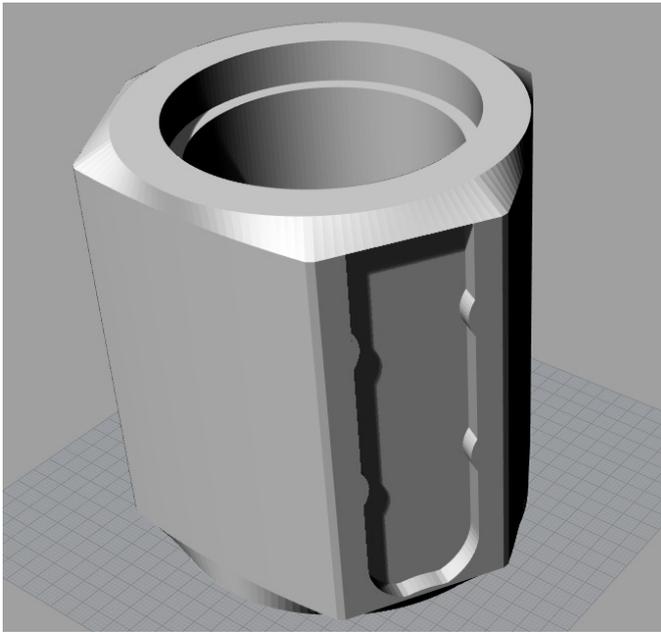
Avec le projet d'ArchiLab arrivant à grands pas, je n'ai pas pu peaufiner plus ce travail, et à cause du faible volume usinable, nous n'avons pas travaillé avec pour les prototypes de l'exposition. Cependant, j'espère pouvoir revenir plus tard sur la programmation du code, car cela m'a particulièrement intéressé.

b. Impression 3D

Une autre technologie que j'ai eu l'occasion de découvrir est celle des imprimantes 3D, domaine en pleine révolution ces derniers temps. L'agence a pu acquérir pour cela une machine professionnelle d'entrée de gamme de chez Stratasys, à dépôt de fil chaud (plus économique et plus facile de mise en œuvre que le frittage laser de poudre).

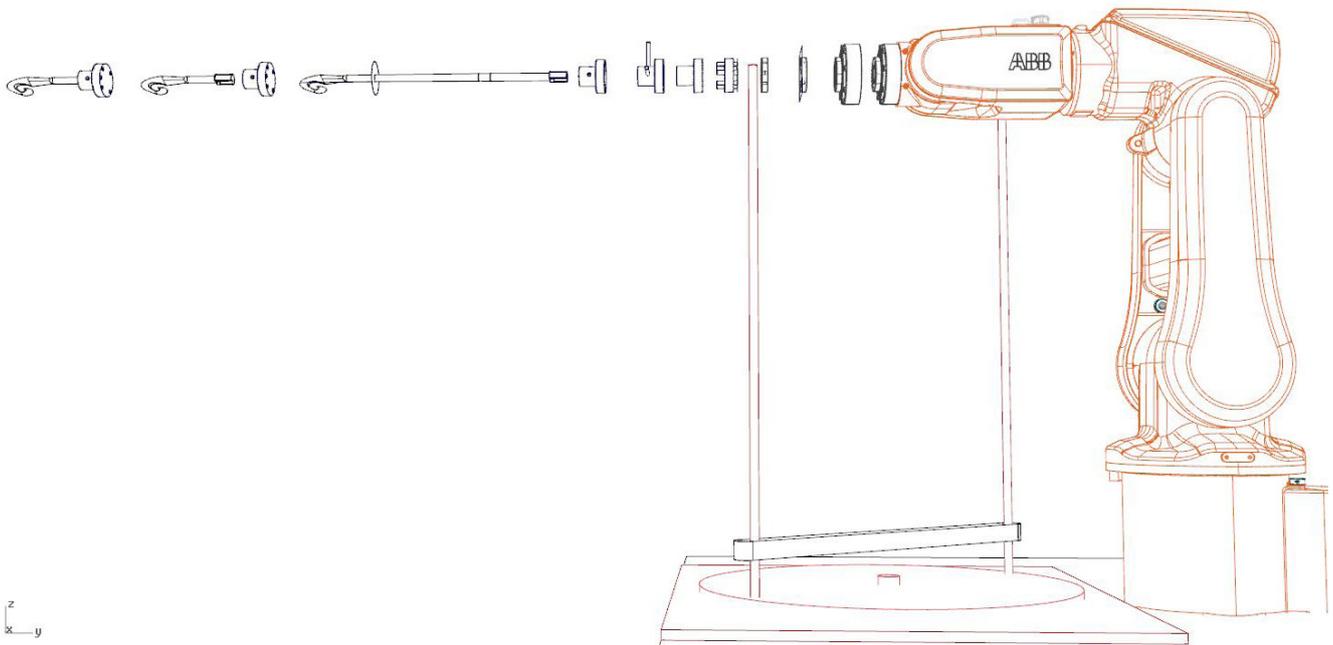
Celle-ci nous a permis de réaliser des pièces de test en plastique, afin de vérifier les propriétés mécaniques et géométriques des modélisations pour ArchiLab. J'ai travaillé pour ma part principalement sur des pièces d'assemblage et de jonctions, pour venir tenir un coffrage en tube carton entre les nœuds de la structure.

J'ai ainsi pu apprendre comment passer d'un modèle virtuel en trois dimensions, à sa fabrication physique, en passant par la simulation et la visualisation d'un parcours d'outils pour vérifier les problèmes de géométries et de faisabilité (porte à faux, imbrications de volumes...).



c. Robotique

Le dernier moyen de fabrication numérique que j'ai pu manier, est un bras robotisé 6 axes de chez ABB Robots, que l'agence a acquérir avec Thibault SCHWARTZ qui était à l'époque stagiaire chez eux, et qui a développé une série de composants pour Grasshopper afin de programmer et utiliser le robot directement à partir de ces outils, que l'architecte utilise. Pour le cas du projet d'ArchiLab, nous n'avons pas eu énormément recours au robot, la plupart des prototypes ayant été réalisés par impression 3D. J'ai donc manipulé le robot plus pour me faire une formation dessus, afin de comprendre son langage et ses outils de programmation, en particulier le Plugin HAL || *Robot Programming & Control* de Thibault (Création d'un parcours, modélisation de l'outil, gestion des collisions et simulation).



2. ArchiLab

Laboratoire international d'architecture, créé en 1999, ces expositions explorent la révolution provoquée par l'émergence des technologies numériques en redéfinissant le champ de l'architecture. En dépassant les limites de leur discipline, les architectes présents dans ces expositions cherchent à développer et pratiquer en croisant plusieurs domaines, comme les sciences informatiques, la biologie et l'ingénierie. Tout cela ouvre aujourd'hui à des champs d'investigations de plus en plus grands, avec les simulations numériques et les mathématiques avancées, en passant par les sciences et les principes d'évolutions du monde vivant.

Cette édition 2013 d'ArchiLab vise à illustrer ces questions, entre sciences et architecture, grâce aux travaux de 40 architectes, designers et artistes internationaux, spécialistes en biotechnologie, nanotechnologie, robotique et simulation, où le propos est de concevoir des projets qui évoluent selon des règles analogues à celles de la nature, via la simulation du monde vivant. Ils voient en l'architecture un organisme qui s'adapte continuellement, capable d'évoluer et d'interagir avec son environnement.

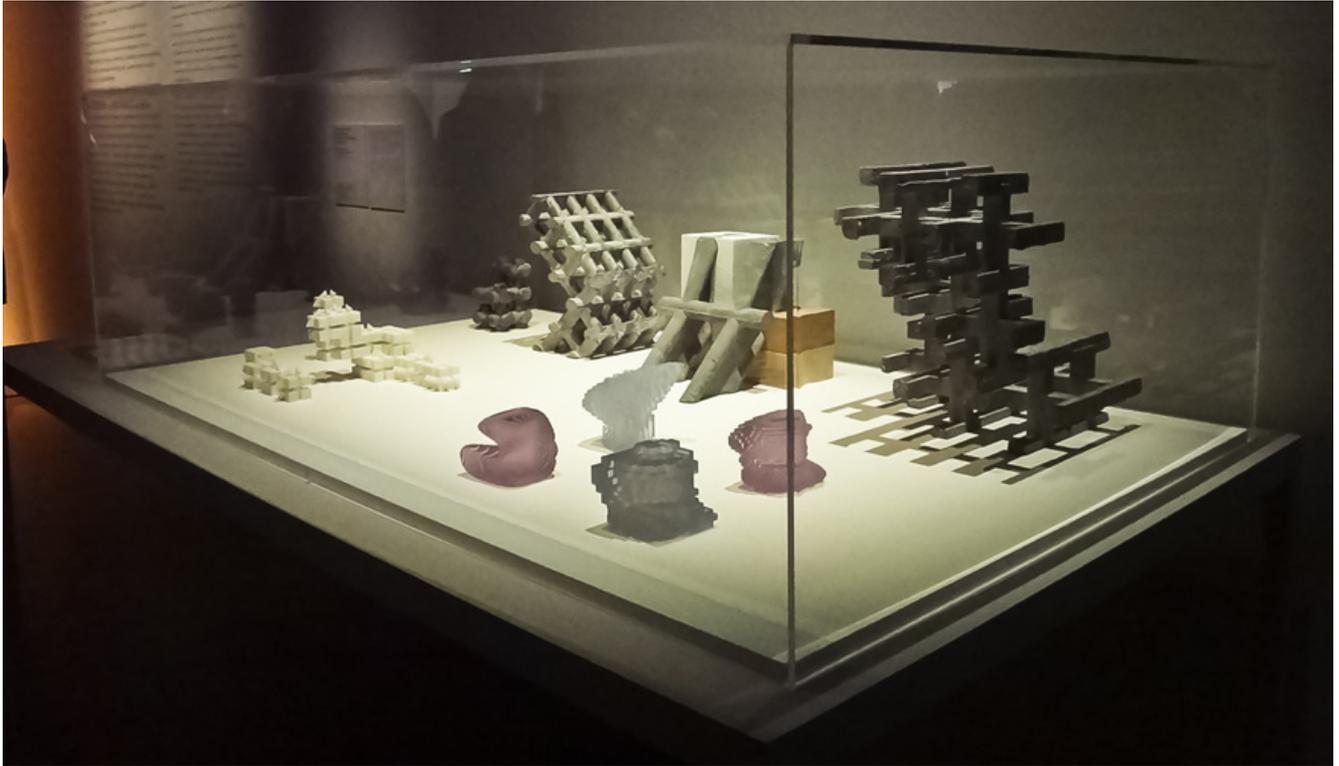
Le travail d'EZCT s'inscrit dans la partie "Géométrie" de l'exposition, qui regroupe les recherches focalisées sur l'architecture, l'ingénierie et les sciences des matériaux comme une seule et même approche, en appliquant cette idée du numérique directement à quelque chose de physique et construit. Le propos est donc la recherche de nouvelles façons de construire l'architecture. Le thème développé par EZCT sur ces recherches est ainsi celui d'une création de formes où géométrie et matière se confondent pour devenir une seule caractéristique propre à l'objet architectural.

a. Contexte

Les recherches développées pour ArchiLab 2013 s'inscrivent dans la continuité de celles réalisées pour l'exposition Multiversités Créatives au Centre Georges Pompidou en 2012.

Le projet dénommé *u-Cube*, sujet de recherche pour EZCT depuis 2009 et présenté au Centre Georges Pompidou en 2012, expérimente un tout autre mode de construction. En effet, dans ce modèle, plutôt que de construire une structure de façon continue (généralement le cas des structures en coulage béton), le projet tente ici de proposer une solution avec un système de construction léger par une logique mathématique discrète (discrétisation en voxels) afin d'utiliser les atouts des bétons fibrés haute performance et la fabrication robotisée dans le processus de conception.

Dans ce cas de figure, il s'agit en fait d'une structure en cubes de polystyrène évidés qui laisse passer à l'intérieur une résille en béton structurelle. Les cubes viennent approximer les volumes ou les surfaces à réaliser, et sont liés les uns aux autres par cet espace interne où l'on vient couler le béton. Ce principe permettrait donc un faible poids dû à une quantité minimum de béton et une structure auto-isolante par la mousse polystyrène comme élément de coffrage perdu.



EZCT Architecture & Design Research // *u-Cube* (2009-2012) // Centre Georges Pompidou
Photo par Thibault SCHWARTZ {<http://wp.thibaultschwartz.com>}

Le projet réalisé pour ArchiLab 2013, *Studies In Recursive Lattices* (Etude de treillis récursifs), étend ce principe structurel créé pour Multiversités Créatives.

Il expérimente les potentiels structurels et matériels du béton fibré ultra haute performance (béton *Ductal* de l'entreprise Lafarge). L'agence s'intéresse ici aux géométries récursives dans le but d'optimiser la matière (usage, placement, quantité...). Elle s'appuie sur les résultats obtenus dans le domaine de la recherche sur les matériaux architecturés, théorie qui associe aux matériaux une géométrie spécifique afin d'acquérir des propriétés innovantes. Pour ce faire, la génération des structures récursives se calque sur des inspirations biologiques et naturelles, car elles permettent une minimisation du volume et de la densité de matière utilisée, au travers une série de plusieurs modifications de formes de plus en plus affinées, tout en gardant une continuité dans la structure. La fabrication se fait par l'utilisation parallèle de techniques à la fois traditionnelles et novatrices, avec le choix de l'utilisation du béton (qui reste le deuxième matériau minéral le plus utilisé dans le monde après l'eau, à raison d'un mètre cube par habitant par an) et de l'impression 3D (qui permet une liberté de formes, et l'absence de contraintes de coffrage).

Le but est donc de proposer un nouveau système constructif, qui prendrait en compte les capacités propres des matériaux, et permettrait un agencement spatial et structurel optimisé, sans contraintes formelles, par une fabrication automatisée, et ayant un coût de production rentable.



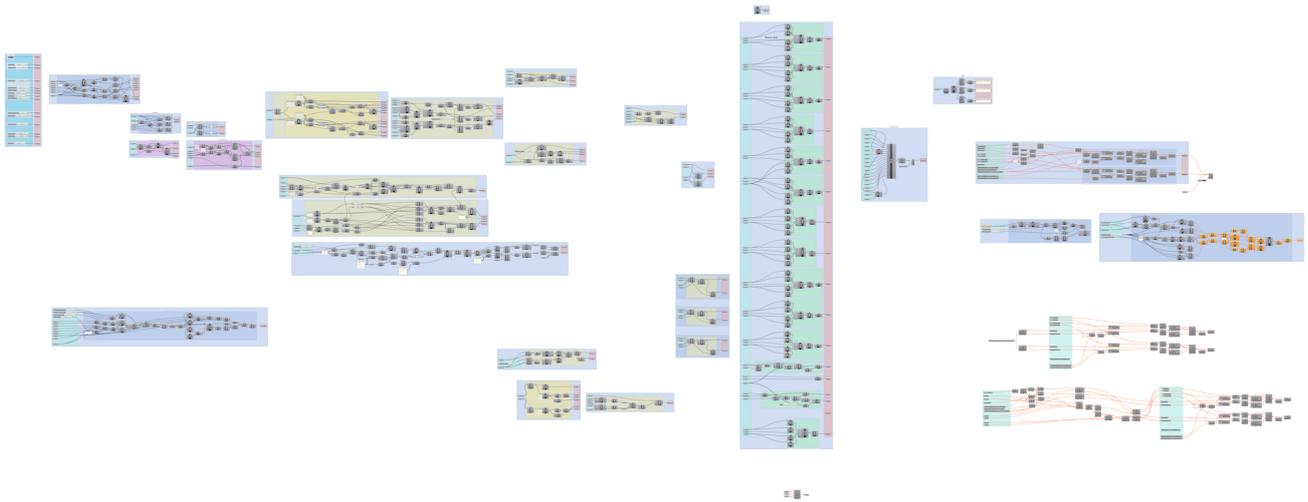
EZCT Architecture & Design Research // Studies In Recursive Lattices (2012-2013) // FRAC Centre

b. Modélisation

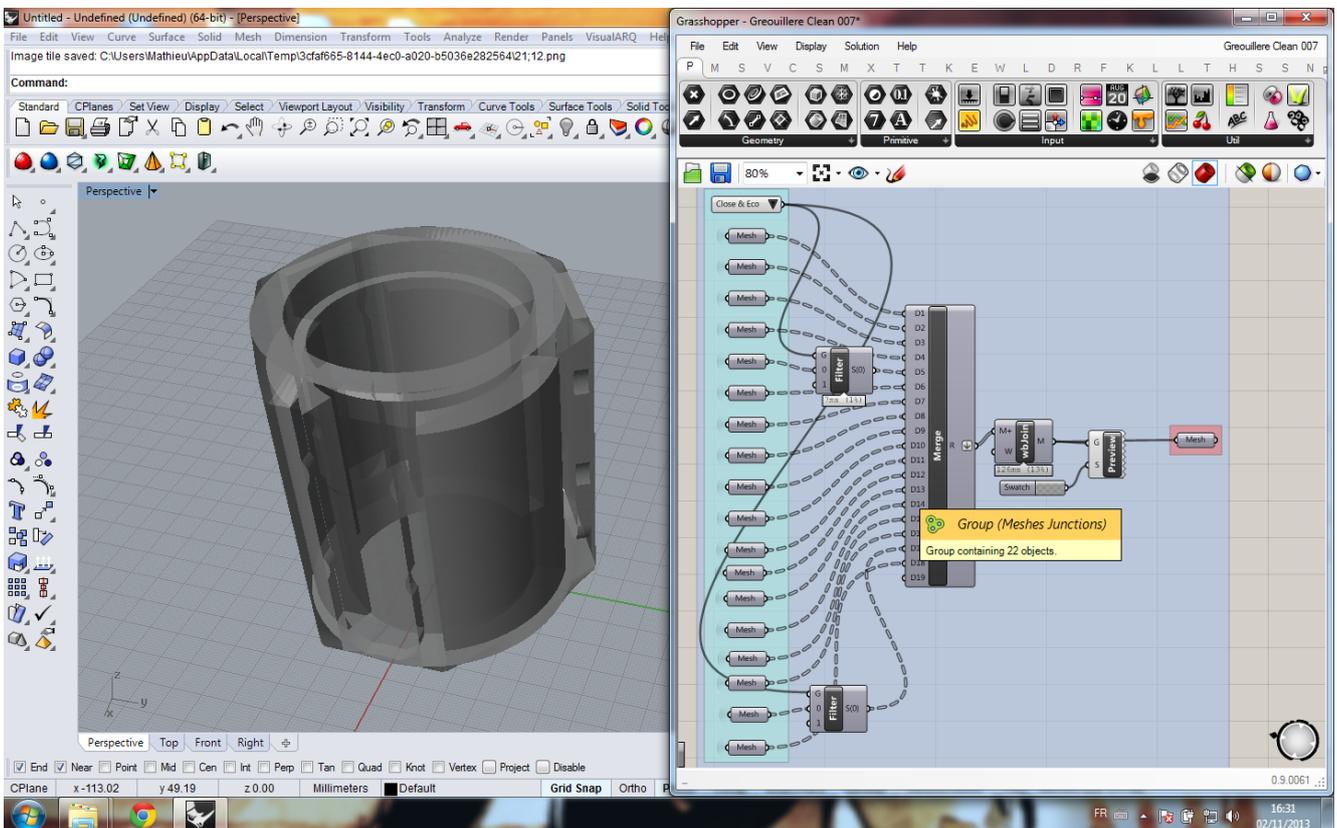
Comme expliqué précédemment, mon rôle dans le travail en cours pour ArchiLab a été attribué à une partie bien spécifique du projet.

J'ai ainsi travaillé sur une étape ultérieure qui, malheureusement pris par le temps, n'a pas pu et n'ai pas encore présenté dans l'exposition. Il s'agissait de voir comment réduire davantage le cout de production, et cela en diminuant le nombre de pièces de coffrage réalisé en impression 3D sable. Pour se faire, le but était d'utiliser l'impression 3D que pour les nœuds et non plus la totalité de la structure, les barres étant de simples cylindres, il est donc possible de les réaliser en coffrage classique, car elles ne posent pas de contraintes géométriques. L'idée était donc de dessiner uniquement les nœuds puis d'avoir une pièce de jonction entre ces nœuds qui permettrait de placer un tube en carton comme coffrage pour les barres.

Ce sujet a donc été mon premier travail, j'ai modélisé la pièce de jonction à l'aide de Grasshopper pour pouvoir la rendre complètement adaptative sur les différents motifs de structures et de nœuds.

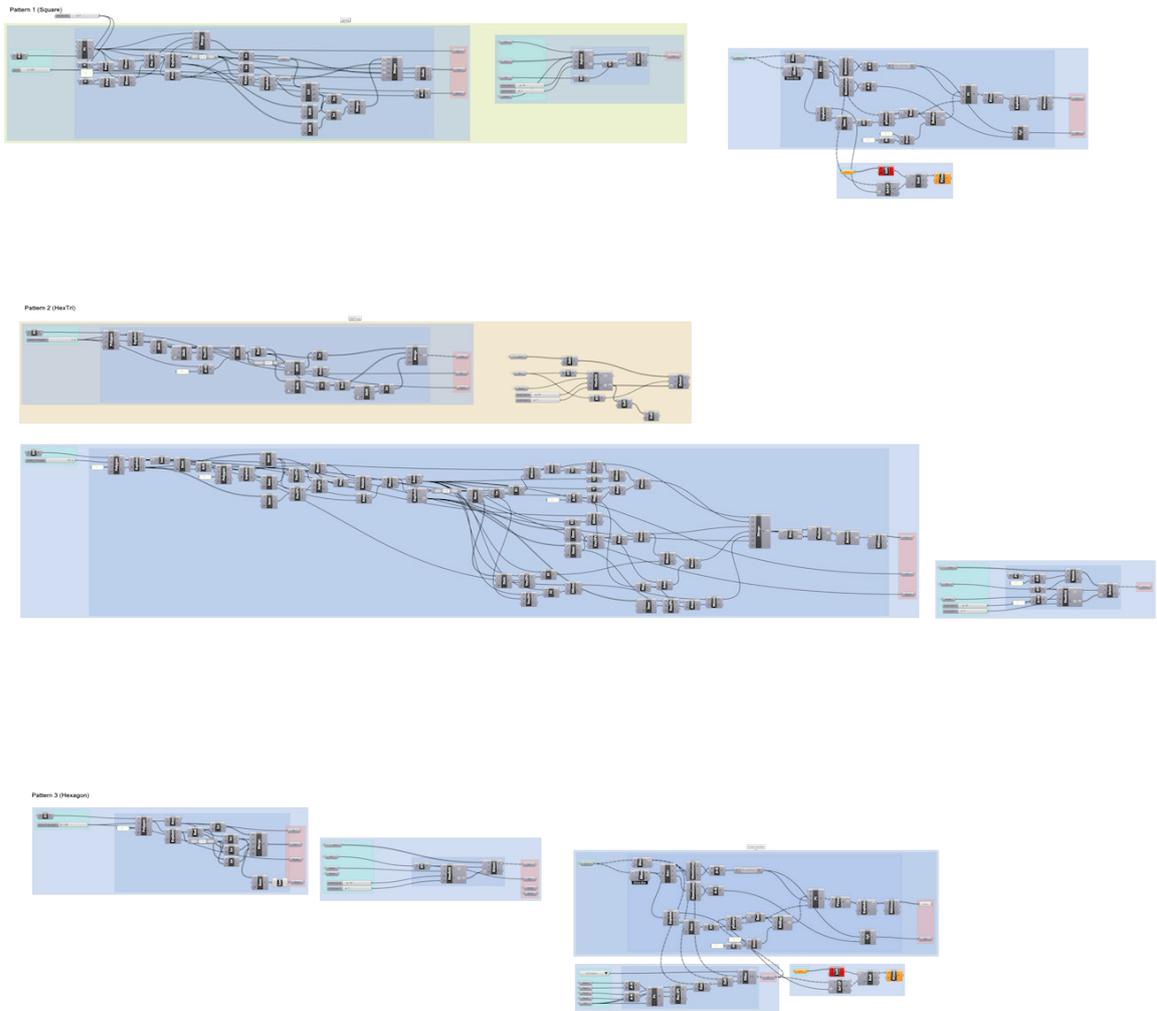


Définition Grasshopper pour la pièce de jonction entre nœuds

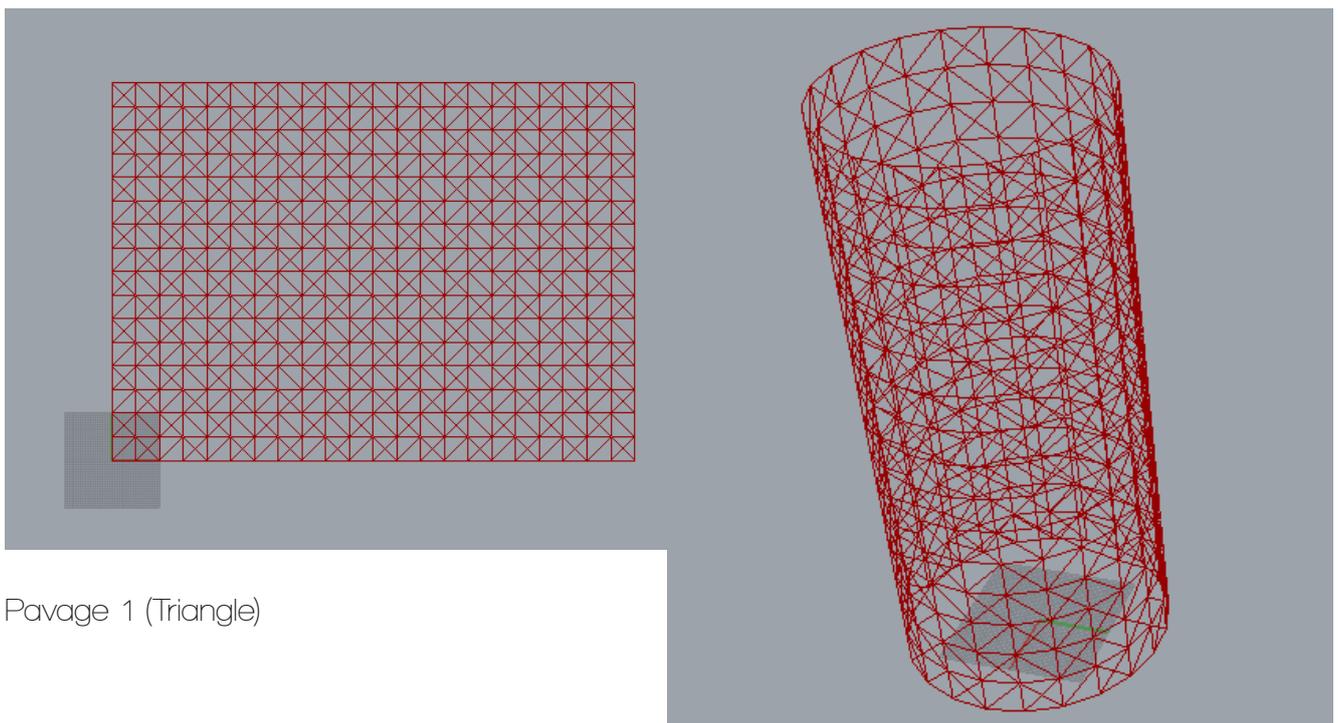


Copie d'écran du travail en cours (variations des paramètres de dimensions)

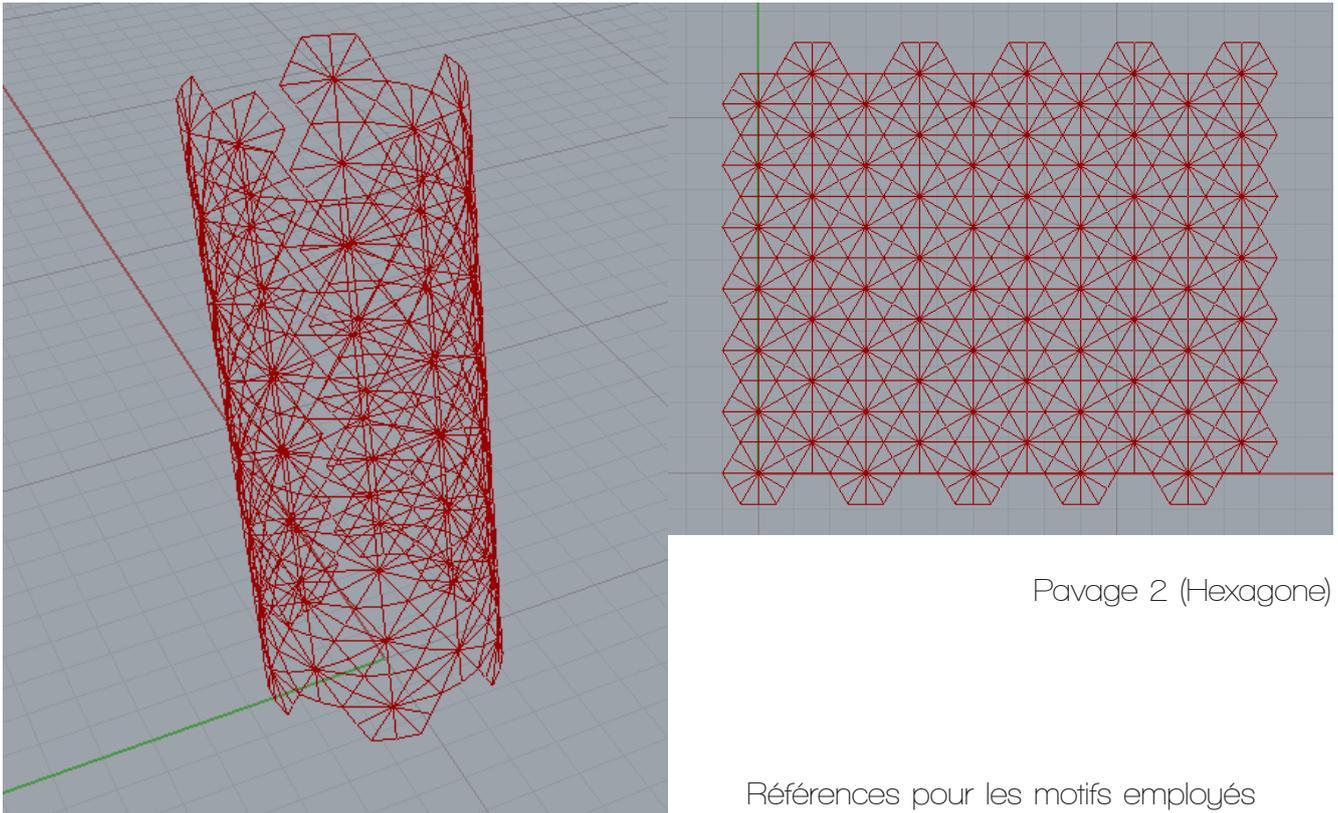
La deuxième tâche que l'on m'a confiée après la réalisation du système de jonctions entre barres et nœuds, a été de modéliser plusieurs pavages 2D/3D, afin de les tester comme motif de structure. Ce travail a donc été extrêmement intéressant par la compréhension de la géométrie et des mathématiques (notamment les principes de récursivité, de translations, transformations, matrices, et fractales).



Définition Grasshopper des pavages génératifs 2D et 3D

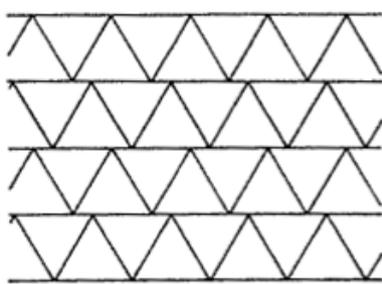


Pavage 1 (Triangle)

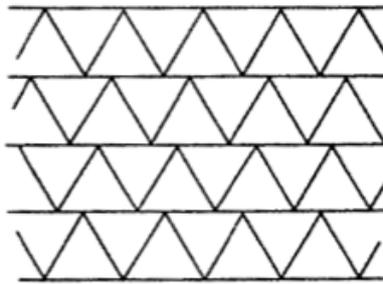


Pavage 2 (Hexagone)

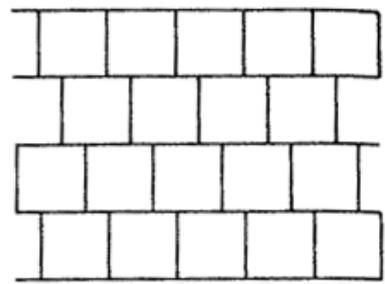
Références pour les motifs employés



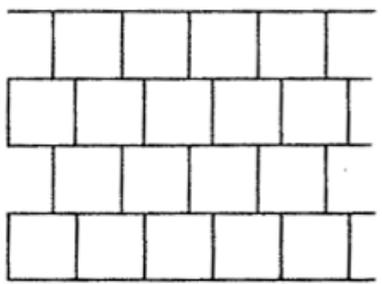
(a) $0 \leq \alpha \leq \frac{1}{2}$



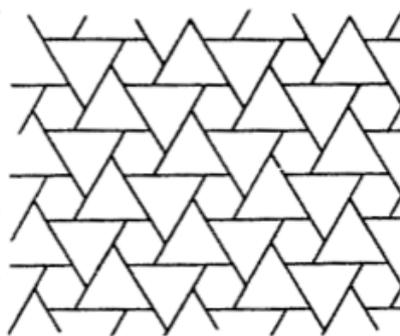
(b) $0 < \alpha \leq \frac{1}{2}$



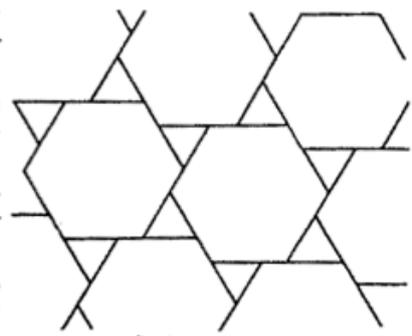
(c) $0 < \alpha \leq \frac{1}{2}$



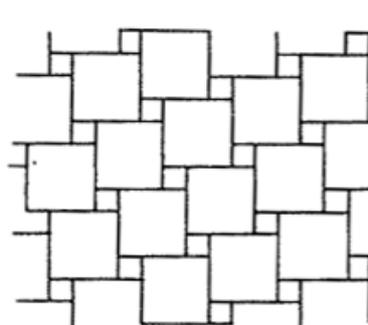
(d) $0 < \alpha \leq \frac{1}{2}$



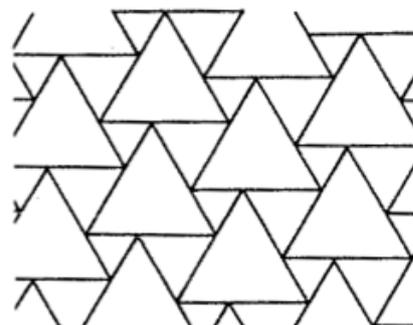
(e) $0 < \alpha < 1$



(f) $0 < \alpha < 1$



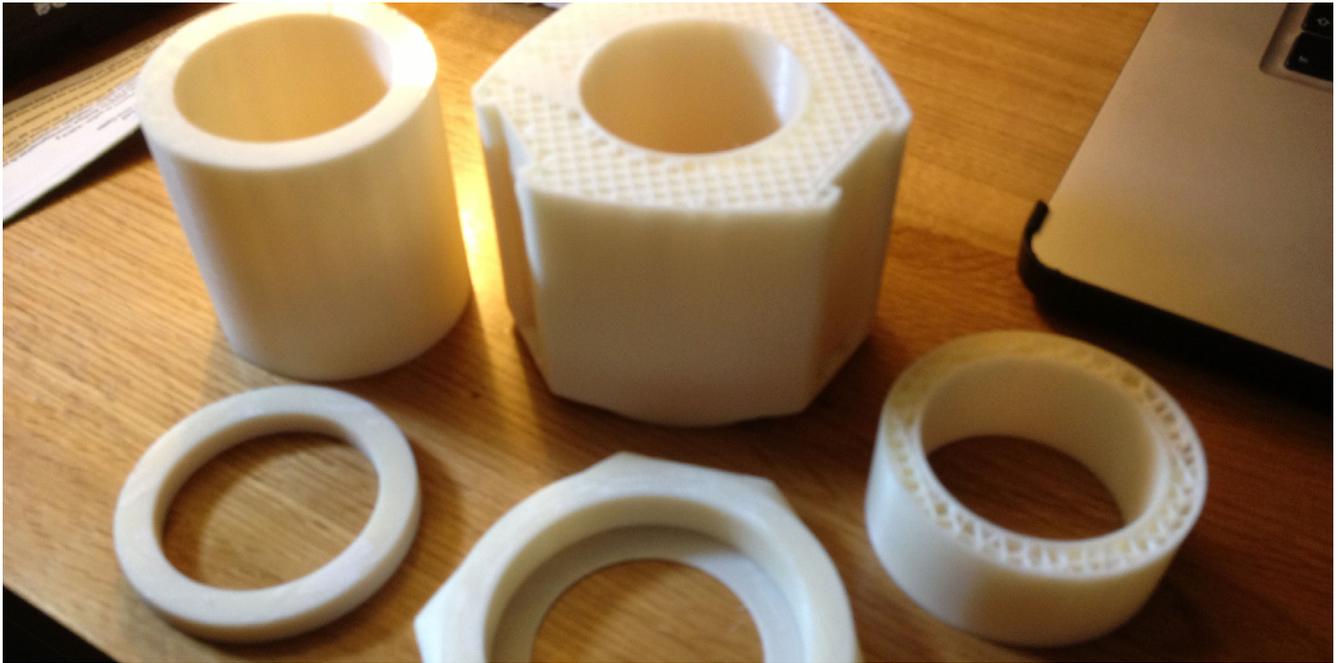
(g) $0 < \alpha < 1$



(h) $0 < \alpha \leq \frac{1}{2}$

c. Fabrication

En parallèle des modélisations, il nous a fallu tester les différentes configurations afin de vérifier les dimensions, résistances et caractéristiques structurelles des pièces. Nous avons donc régulièrement, lors de chaque nouvelle configuration obtenue quasiment, imprimé un prototype en 3D avec la machine de l'agence pour les tests. Les modèles physiques des structures pavés ont quant à elles été faites chez par une entreprise disposant d'une imprimante à meilleure précision (frittage poudre par laser, contre dépôt de fil chaud à l'agence).



Mon travail s'est donc arrêté ici fin juillet, la plupart des membres de l'agence prenant quelques semaines de repos.

REFLEXION PERSONNELLE

Suite à ce stage et à ce que j'ai pu observer du travail de l'agence, plusieurs remarques me viennent à l'esprit.

Déjà par rapport au fonctionnement de l'agence. On observe un véritable clivage entre la partie recherche et la partie disons "alimentaire", soit entre les projets types ArchiLab de Philippe et Felix, et les projets plus traditionnels des Marie. Il n'y a aucun lien entre ces deux domaines d'exercices. Pas d'impressions 3D, pas de découpe laser, pas de modélisation et conceptions paramétriques, tout cela est complètement absent dans les contrats avec Aigle ou Matsuri.

De mon point de vue, je trouve ça extrêmement dommage, presque ironique, de posséder une technologie pareil et de ne pas la mettre en œuvre dans la totalité de la pratique de l'agence. Il est vrai que ces outils ne sont pas forcément adaptés à tout type de projets, et parfois assez critiqués, mais, pour moi, il y a de bons potentiels à exploiter dans le cadre de la création d'un projet. Ne serait-ce que par l'utilisation (maintenant de plus en plus commun) de la découpe laser ou de l'impression 3D pour la réalisation de maquettes d'études ou conceptuelles. Cela est d'autant plus dommage que, d'un point de vue économique, c'est la partie "alimentaire" qui permet l'achat de ces machines et technologies qui, au final, ne servent que pour la recherche et ne rapporte donc pas de fonds, ou très peu.

Cette absence d'échanges et de mise en relation des deux domaines vient aussi du fait de l'intérêt différent des deux groupes de personnes qui s'en charge. Les Marie n'étant pas spécialement émerveillés par ces recherches, et vice-versa de la part de Philippe et Felix pour l'archi plus traditionnelle. Ce qui, je pense, serait un bon moyen d'élargir le domaine de compétences et d'exercice de l'agence s'il y avait une symbiose entre ces deux parties. D'un autre côté, je comprends assez bien le fait que certains s'intéressent plus à telle ou telle chose que d'autres, étant moi-même bien plus impliqué dans ces questions de recherches et domaines d'ingénierie - architecture - numérique.

En définitive, je pense qu'essayer de rendre plus ouverts les échanges entre ces deux branches de l'agence serait bénéfique à la fois pour l'une comme pour l'autre. Malheureusement, je pense que c'est un gros travail à faire sur les mentalités des personnes aussi, que ce soit pour les membres de l'agence, que pour les clients extérieurs. Ceci malgré le fait qu'il est encore très difficile de justifier de l'usage de certains de ces outils dans le contexte actuel de la pratique architecturale. Sans tomber dans le formalisme pur, de faire de la forme pour de la forme, sans réfléchir aux autres contraintes et questions que posent l'architecture (notamment les questions sociales, structurelles, etc.).

Ce qui m'a manqué a donc été de voir comment appliquer ces outils à un grand projet "réel" et construit. Comment utiliser ces technologies de manières quotidiennes dans la conception architecturale d'un bâtiment ou édifice. La question que je me pose est donc si cela est possible de le faire entièrement de cette manière de penser, en termes paramétriques, numériques, et algorithmiques ?

REFLEXION PERSONNELLE

Un autre point que j'ai particulièrement apprécié est le fait de leur confiance accordé aux stagiaires. En effet, même pendant ces courtes semaines, j'ai pu tester et apprendre un maximum de choses sur ces questions et outils. Ils ne considèrent pas un stagiaire comme une simple personne qui va dessiner une 3D pendant une semaine non-stop. Ils nous montrent pleins de choses et nous donnent une variété de travaux à faire, ce qui nous permet de toucher un peu à tout, et de balayer une grande partie de ce qu'il se fait dans l'agence.

J'ai ainsi pu voir les machines et les essayer, voir les pièces à réaliser pour l'exposition et les préparer, voir les personnes d'ArchiLab et leurs travaux, voir comment se passe ces échanges avec ces personnes internationales et les relations dans ce domaine de la recherche en architecture.

Ils considèrent vraiment que nous sommes là pour apprendre et découvrir, le statut et la mentalité de professeur de Philippe et Felix aidant probablement aussi beaucoup. L'apprentissage ne faisant entre les stagiaires directement. Pour ma part, j'ai appris énormément d'astuces et techniques de modélisation sur Grasshopper et l'impression 3D par Tristan GOBIN.

L'ambiance s'est donc révélée très accueillante et sympathique, à la fois entre les membres de l'agence et les autres stagiaires.

Par rapport à tout ce que j'ai appris dans ce stage, j'estime qu'une grande partie va pouvoir me servir à la fois dans la poursuite de mes études et dans mon avenir professionnel.

Ayant déjà en possession une imprimante 3D depuis maintenant un an et demi, j'ai appris ici comment bien la maîtriser, mais surtout à savoir l'utiliser "correctement". Pas uniquement et bêtement en considérant celle-ci comme un moyen de production de maquette automatisé, pas dans un souci de facilité. Justement en l'utilisant plutôt pour des pièces vouées à des essais techniques (pièces d'assemblage ou articulées), ou dans le cas d'objet ou portions de maquettes complexes, aux formes compliquées pour les réaliser rapidement à la main.

C'est d'ailleurs là un grand problème quant à l'utilisation de ces outils, et bel exemple à l'école, la découpe laser. Qui n'a jamais voulu aller découper des bandes ou formes rectilignes par souci de facilité? Alors qu'il serait bien plus judicieux de le faire au cutter, qui se révèle même souvent plus rapide. Il se pose la question de savoir utiliser ces outils pour leurs véritables "utilité" ou "but". Posséder une imprimante 3D ou une découpe laser et faire des maisons carrés ou façades d'immeubles de la même manière qu'on le ferait à la main est, de mon point de vue, une chose inadaptée.

Je pense m'en être rendu compte, et en avoir pris suffisamment conscience depuis ce stage. Je reconnais cependant me servir de ma propre machine souvent encore dans un souci de production intensive d'éléments de maquette, et cela pas forcément optimisé dans le but premier de la machine... La raison est principalement le manque de temps, et probablement un peu d'organisation de ma part!

Autre compétence que je vais pouvoir appliquer et développer dans mon cursus, celle des outils de modélisation paramétrique et conception assistée par ordinateur que j'ai pu

REFLEXION PERSONNELLE

approfondir ici.

En effet, j'ai déjà eu l'occasion de me servir de Rhinoceros/Grasshopper auparavant dans mes études. J'ai réalisé mon P3, axé sur un projet de construction/structure (couverture de batobus), entièrement avec Grasshopper. Avec mon stage, j'ai pu voir et comparé mes débuts sur cet outil et approfondir mes acquis dessus. En l'occurrence, je vois maintenant plein de façons différentes de réaliser ce que j'avais fait en P3, mais surtout d'une manière bien plus optimisée (en temps et nombres de calculs par exemple).

Au vu des demandes de plus en plus importantes de savoir dessiné et maîtriser les outils de dessins informatiques, je pense que c'est de mon intérêt d'en connaître un maximum là-dessus.

Les points qui m'ont manqué, en tout cas tel que je le ressens, sont le fait de n'avoir quand même que très peu interagit avec les "clients" et les personnes extérieures (comme les autres architectes d'ArchiLab, ou les partenaires d'EZCT pendant le travail de recherche tel Lafarge ou Voxelljet). Je ne sais donc que très peu comment l'agence entretient ses relations avec ses partenaires et contacts. Les seules personnes que j'ai eu l'occasion de rencontrer ont été les gérants d'ArchiLab, l'ingénieur structure du projet, et le peintre industriel qui a travaillé sur la pièce d'exposition.

Autre point, celui de ne pas avoir vu l'ambiance et l'organisation d'un concours d'architecture. Chose auquel je suis en train de remédier actuellement, car toujours un pied dans l'agence de manière épisodique. Le travail en cours porte justement sur le concours pour un aménagement urbain d'une place publique à Osaka. Je vais donc pouvoir découvrir et voir comment se passe un concours d'architecture comme il est souvent le quotidien de bons nombres d'agences.

Finalement, ma grande interrogation porte sur l'application de ces outils et technologies numériques en architecture, afin de concevoir une architecture utile et efficace.

Pour le moment, avec les projets de recherche de l'agence et les autres avancées et idées d'autres entreprises, je trouve que toutes ces questions du numérique restent beaucoup dans le concept et pas assez mis en avant ou exploiter dans des projets réels d'architecture. Parfois même, on a l'impression d'un travail fait uniquement sur la forme et pas sur le fond, c'est faire du fun sans utilité, du beau sans fonctionnel.

Je pense donc qu'il y a beaucoup à explorer dans ces domaines et thèmes de recherches, mais qu'il faut trouver un moyen de l'impliquer encore plus dans notre pratique de l'architecture, et non au détriment de certains caractères déjà présent dans l'analyse et la conception que nous connaissons. La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et FAO (Fabrication ...) doivent s'intégrer avec les caractères spatiaux, structurels, sociaux, perceptifs, imaginatifs, etc. de l'architecture.

REMERCIEMENTS

Je remercie donc toute l'équipe d'EZCT pour m'avoir accueilli, ainsi qu'aux stagiaires présents et leur enthousiasme à tous.

RESSOURCES

FRAC Centre
<http://www.frac-centre.fr>

Conférences du FRAC Centre du 24 Octobre 2013
[http://new.livestream.com/accounts/5564597/
events/2461750](http://new.livestream.com/accounts/5564597/events/2461750)

Thibault SCHWARTZ
<http://wp.thibaultschwartz.com>

HAL || Robot Programming & Control
<http://hal.thibaultschwartz.com>