

ARC 6801/2/3 H - 2024

# Artisanat robotique pour des structures architecturales légères

Mots clés : Fabrication, Circularité, Artisanat, Bois, Nœuds, Surface, Optimisation, Structure, Robotique, Réutilisation, Recyclage, Surcyclage



*Figure 1. Assemblage du pavillon NœudAL en septembre 2022. Le pavillon est le résultat du travail de recherche de l'atelier ARC 6801H – Hiver 2022.*

## Description du cours

Atelier à contenu variable portant sur l'exploration et l'avancement d'enjeux disciplinaires. Intégration d'activités de recherche dans la conception de projets d'architecture.

L'atelier de recherche proposé se concentre sur des approches innovantes pour la conception de structures architecturales légères, sur mesure, et à faible coût environnemental. Les avenues envisagées

pour ce faire incluent l'utilisation de matériaux récupérés issus de différentes activités de construction ou de démolition, des matériaux très peu transformés ainsi que des techniques d'optimisation de l'utilisation de ces matériaux. Pour intégrer ces matériaux dans de nouvelles constructions, et notamment dans des structures architecturales spatiales complexes, un processus de conception spécialisé est requis. Le flux de travail de conception doit relier une trousse limitée, très spécifique, ou hors-norme, à une intention formelle complexe, optimisée pour de multiples critères architecturaux et structurels. L'atelier de recherche proposé se concentrera sur tous les aspects clés du processus de conception : 1. La création du kit de matériaux; 2. La recherche de formes architecturales et structurelles par de techniques algorithmiques et génératives; 3. L'intégration des matériaux par le biais de techniques de fabrication numériques contemporaines).

## Trousse de matériaux

La première étape de la recherche vise à identifier les matériaux principaux qui composeront la matière première pour le processus de construction. Il peut s'agir de récupérables telles que les retailles de construction, de matériaux incorporés dans les constructions à la fin de leur cycle de vie, de dérivés des processus industriels, de matériaux naturels peu usinés, de matériaux recyclés et de plein d'autres. En utilisant des techniques de numérisation manuelles ou semi-automatisées, un catalogue d'éléments utilisables peut être créé. Ces éléments peuvent être triés en fonction de leur usage potentiel (sur la base des dimensions et de l'intégrité) en utilisant des moyens informatiques. Le catalogue d'éléments disponibles sera utilisé pour créer des trousse de matériel de construction adaptés à des applications spécifiques. Le processus peut être adapté aux éléments de construction linéaires, surfaciques ou volumiques.

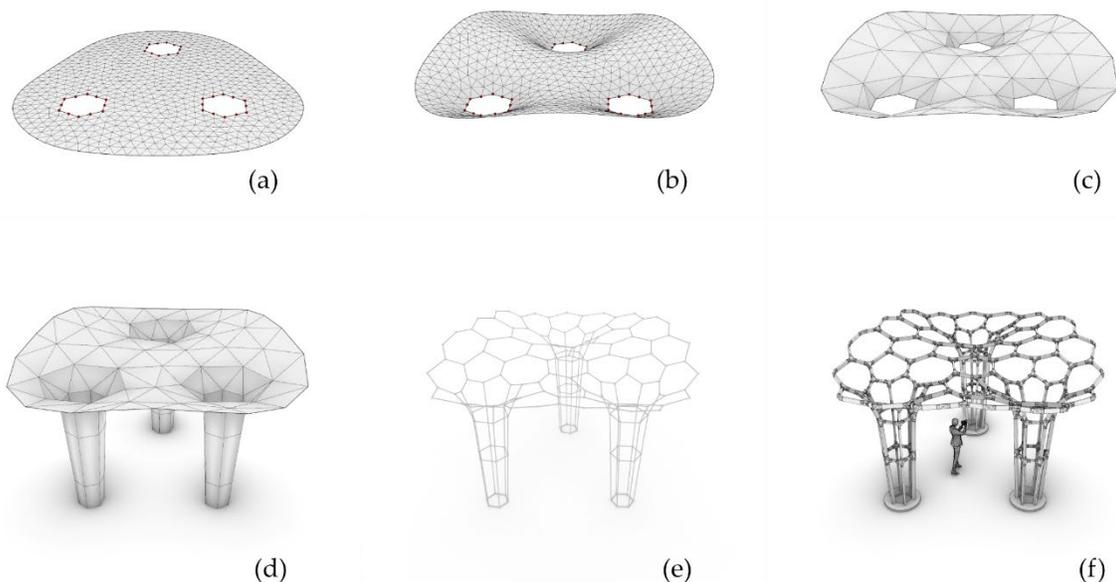


Figure 2. Les étapes de production de la forme du pavillon NœudAL

## Recherche de formes architecturales et structurelles soumise à des contraintes

Cette partie de la recherche examinera une série de processus de recherche de formes adaptées aux structures architecturales cocontraintes par la nature de matériaux utilisés et leur disponibilité limitée. Sur la base d'une série de conditions architecturales (fonction, confort, etc.), structurelles (rigidité, charge, etc.), économiques (coût) et de fabrication (outils et techniques de construction disponibles), une famille de formes sera proposée. Ces formes tenteront d'optimiser l'utilisation de matériaux disponibles dans le kit de matériel, maximisant ainsi le coût environnemental de la structure proposée. L'objectif n'est pas d'utiliser exclusivement les éléments de la trousse. La méthode permet l'intégration de nouveaux éléments sur mesure potentiellement fabriqués à partir de nouveaux matériaux, offrant ainsi une plus grande liberté de conception.

## Intégration hybride de matériaux récupérés, recyclés ou naturels, transformés de façon minimale, en utilisant des techniques de fabrication contemporaines.

Avec un ensemble préétabli de matériaux et une structure architecturale ciblée, la principale question à résoudre est celle de l'intégration de ces éléments dans un ensemble cohérent avec un nombre très limité de matériaux supplémentaires. La réponse réside dans la conception générative et les techniques de fabrication contemporaines telles que la fabrication additive ou soustractive (impression 3D ou fraisage contrôlé par ordinateur) et les techniques d'assemblage assistées par des robots. La conception générative peut prendre un assemblage structurel schématisé comprenant une série d'éléments

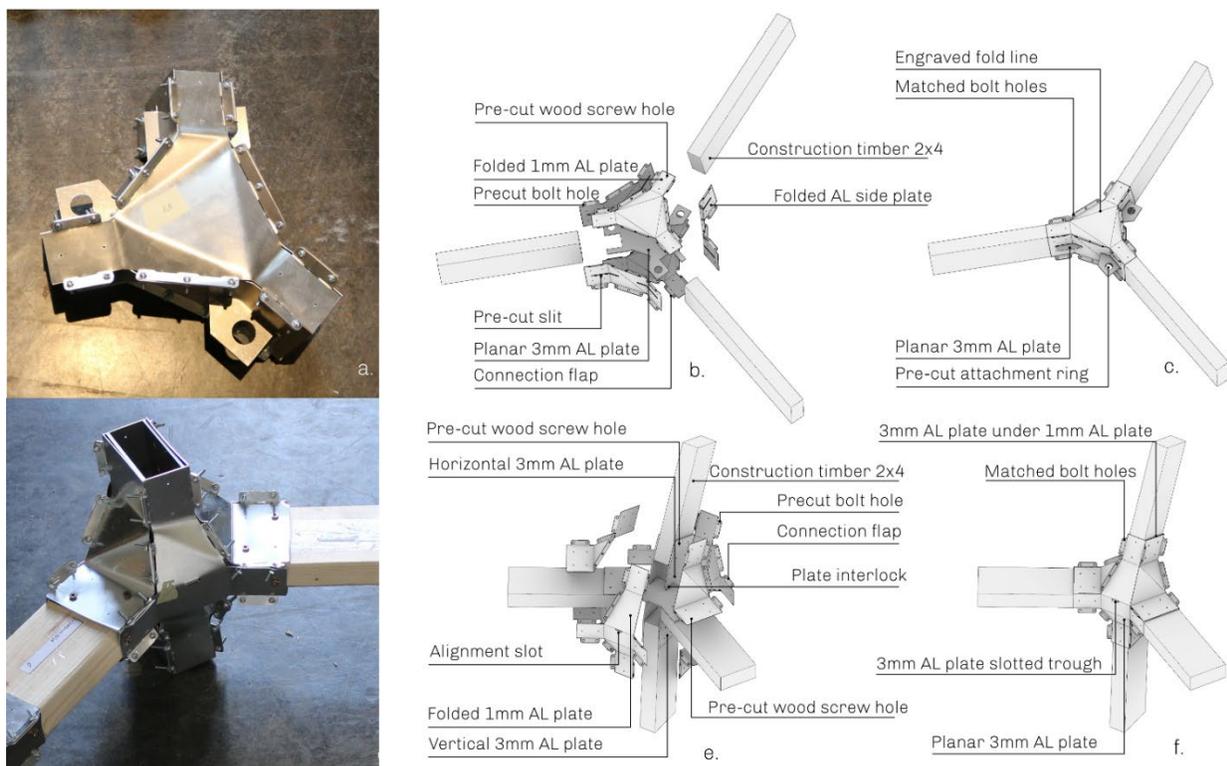


Figure 3. Le système d'assemblage des nœuds du pavillon NœudAL.

prédéfinis et produire les connexions nécessaires à un assemblage structurel stable. Par exemple, dans une structure conçue pour utiliser des éléments en bois linéaire récupérés (poutres), la conception générative permet de produire des nœuds structurels reliant les poutres en fonction de la géométrie du réseau de poutres et de la position particulière et de la coupe spécifique de chaque extrémité de poutre. L'impression 3D pourrait être utilisée pour fabriquer chaque nœud avec une géométrie unique et personnalisée.

## Pédagogie

L'atelier vise un apprentissage fondé sur un cadre théorique contemporain des méthodes de recherche, d'exploration et de conception architecturale au moyen des outils numériques. Il vise la mise en place des conditions de réflexion et de recherche préparatoires à la conception du projet d'architecture personnelle portant sur le thème annoncé. Inspiré des modèles d'apprentissage expérientiel de David Kolb, l'enseignement s'appuie sur cinq systèmes: investigation systématique, expérimentation active, expérience concrète, observation réflexive, et conceptualisation abstraite. Il englobe les processus de conception, les propositions et la communication dans une combinaison de médias en deux, trois et quatre dimensions, physiques et numériques.

À travers la conception et la construction d'une structure de pavillon avec une fonction spécifique, cet atelier de recherche explorera les enjeux d'un processus de conception itératif et collaboratif de plusieurs structures à faible coût environnemental. Les étudiant(e)s travailleront avec les propriétés d'un matériau et réciproquement, d'un assemblage d'éléments discrets à la recherche d'une forme structurelle optimisée et d'une logique constructive ou d'une logique d'assemblage.



Figure 4. Le laboratoire de fabrication robotique (LAIR) à la faculté de l'aménagement.

L'atelier sera enseigné en conjonction avec l'ARC6803 La pensée algorithmique. Les étudiant(e)s suivant l'atelier de recherche ARC6801 H doivent être inscrits au séminaire ARC 6803 La pensée algorithmique.

## Outils et logiciels

Cet ensemble de compétences qu'on peut appeler la « pensée algorithmique » sera de façon générale lié à la plate-forme logicielle Rhino/Grasshopper et à une série de logiciels et d'outils interopérables « plug-ins ». Une trousse d'outils numériques, d'exemples et de didacticiels vidéo sera mise à disposition des étudiant(e)s de l'atelier et du séminaire. Le matériel sera complété par des tutoriels pour les logiciels utilisés dans les deux cours. Cependant, il est important de comprendre que l'expérimentation et le développement des connaissances en dehors du cadre des exercices et séances de pratique dirigée seront nécessaires pour bien réussir aux exigences et objectifs du cours.

Pour achever l'objectif de l'atelier, plusieurs étapes de prototypage sont prévues. Pour la production de prototypes et le démonstrateur de recherche final, les étudiant(e)s utiliseront les ateliers de fabrication de l'école incluant l'atelier de fabrication robotique.

## Formule d'apprentissage et de recherche-création

Le trimestre comprend le développement d'un projet architectural, un pavillon composé de trois structures légères à l'échelle architecturale conçues et construites par les étudiant(e)s avec l'aide de tuteurs(trices) et d'assistants de l'atelier. L'atelier combinera le travail individuel et en petits groupes, avec la recherche, la conception et la fabrication couvrant la recherche formelle, la simulation, l'exploration des matériaux, la planification et la construction.

Le processus d'apprentissage est soutenu par des travaux dirigés, des présentations audiovisuelles et des conférenciers invités.

Le projet sera divisé en 5 étapes :

1. Acquisition de compétences avec des logiciels spécialisés et exploration formelle - (travail individuel). Grasshopper bootcamp en conjonction avec le séminaire ARC 6803 H. (2 semaines) - cette étape n'est pas notée.
2. Recherche individuelle sur les concepts structurels et les approches de fabrication d'un pavillon intérieur avec une fonction bien définie, composé de trois structures distinctes. Travail d'idéation pour rechercher la forme, la typologie structurelle et le processus de fabrication. Après la présentation à la fin de cette étape, les concepts les plus prometteurs seront choisis pour alimenter la réflexion sur la conception des trois structures composant le pavillon proposé. (2 semaines) - évalué avec 20% de la note.
3. Développement des concepts sélectionnés pour la construction des trois structures du pavillon. Production en flux numérique, optimisation des formes, travail de prototypage à grande et moyenne échelle. Production robotisée, fabrication numérique, fabrication manuelle. Travail d'équipe de 5-6 personnes pour chaque structure. Présentation à mi-parcours comprenant des maquettes à petite échelle, des prototypes partiels à l'échelle 1:1 et des concepts numériques. (4 semaines) - étape évalué avec 30% de la note.
4. Optimisation du flux de production et création des données de fabrication pour les trois structures développées pour le pavillon à grande échelle. Production d'une présentation du travail. (4 semaines) - étape non notée.
5. Installation du pavillon et présentation finale (2 semaines) - phase évaluée avec 30% de la note.

(Note - 20% de la note sera attribuée pour la contribution et la participation à l'ensemble de l'atelier).

## 6802 H Projet Thèse

À l'automne, au sein de leur projet de thèse, avec le soutien des responsables de l'atelier, chaque étudiant intensifiera ses connaissances et développera davantage sa propre conception d'un projet d'architecture « numérique », en tirant parti de la méthodologie et des processus développés dans l'atelier de recherche en design ARC 6801-H et dans le séminaire qui y est associé, ARC6803: La pensée algorithmique. Le projet final demande aux étudiants d'examiner l'implication architecturale et la mise en œuvre du processus et des techniques de la recherche élaborée au cours du semestre d'hiver précédent. Il appartiendra à chaque étudiant de développer un programme et de choisir un site qui fournira le meilleur terrain d'essai pour son hypothèse.

## Bibliographie préliminaire

Gerber, J.G., Ibanez, M. (dir.), 2014, Paradigms in computing: making, machines, and models for design agency in architecture, Los Angeles, eVolo (Bibliothèque AME – NA 2728 P365 2014)

Grobman, Yasha J., Neuman, Eran (dir.), 2011, Performalism : Form and Performance in DigitalArchitecture. New York, Routledge.

Goodhouse, A. (dir.), 2016, Quand le numérique marque-t-il l'architecture? Montréal, Centre canadien d'architecture et Sternberg Press. (Bibliothèque AME - NA 2728 W45512 2017)

Hensel, M., Menges, A. et Weinstock, M., 2010, Emergent technologies and Design, New York, Routledge.

Kolarevic, B. (dir), 2003, Architecture in the Digital Age - Design and Manufacturing. New York, Spon Press. (Ressource en ligne).

Kolarevic, B., Malkawi A, 2005, Performative architecture: beyond instrumentality. New York, Spon Press (Bibliothèque AME - TH 453 P47 2005)

Iwamoto, L. (2009) Digital fabrications : architectural and material techniques. 1st edn. New York: Princeton Architectural Press (Architecture briefs). (Bibliothèque AME - NA 2728 I93 2009)

Gorgolewski, M. (2018) Resource salvation : the architecture of reuse. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. (<https://umontreal.on.worldcat.org/oclc/999401064>)

Addis, W. (2006) Building with reclaimed components and materials: a design handbook for reuse and recycling. London: Earthscan. (<https://umontreal.on.worldcat.org/oclc/800325846>)