

Proposition d'une méthode de conception-fabrication pour l'architecture en bois. Application du procédé de Stratoconception®

FRECHARD Victor¹, BLERON Laurent¹, MEYER Julien²

¹Université de Lorraine, LERMAB, F-54000 Nancy, France

²Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy, MAP-CRAI, F-54000 Nancy, France
victor.frechard@nancy.archi.fr

Mots clefs : Architecture paramétrique ; Stratoconception® ; fabrication numérique ; panneaux de bois.

Contexte et objectifs

Le développement d'une fabrication numérique en construction bois et l'émergence d'une gamme de produits d'ingénierie bois, tels que les panneaux de bois, favorisent depuis une vingtaine d'années l'essor d'une architecture bois moderne (Menges, 2017). Ces outils et produits facilitent par leur adaptabilité, l'apparition d'architectures et typologies constructives non-standards matérialisant des géométries complexes, résultats d'une morphogénèse répondant à des critères de performances (Kolarevic, 2003) ou à une expressivité architecturale accrue. Le défi proposé par cette complexité formelle donne lieu à l'apparition de nouvelles tectoniques (Weinand, 2005), réinterprétations de systèmes constructifs anciens par le numérique.

La décomposition d'un modèle en éléments plans de faibles sections juxtaposés est une méthode qui s'est avérée efficace et convaincante (Iwamoto, 2009) pour la réalisation d'architectures non-standards, basées sur l'empilement de strates en panneaux de bois au profil usiné décrivant la morphologie dessinée. A l'heure où les procédés de fabrication additive connaissent un développement rapide dans le secteur de la construction (Labonnote, 2016) en se reposant sur des principes similaires, la stratification en architecture bois se limite à des architectures éphémères et sculpturales, dénotant l'absence de méthodologie de conception-fabrication et d'optimisation des processus associés à ce type d'architecture.

La Stratoconception®, procédé de fabrication additive breveté par le CIRTES, facilite la réalisation de pièces aux morphologies complexes extérieures comme intérieures, par des moyens techniques simples comme l'usinage par machine à commande numérique trois axes (Barlier, 1991 ; Barlier et Bernard, 2020). Il consiste à décomposer numériquement une pièce en une série de couches élémentaires et complémentaires appelées strates, usinées dans des matériaux en plaques puis assemblées de manière à recomposer la pièce initialement dessinée (Fig.1). Bien qu'absent de l'industrie de la construction bois, sa forte adaptabilité à des parcs machines et l'utilisation de panneaux de bois, produits accessibles et industrialisés, renforce le fort potentiel que présente l'intégration de ce procédé dans un contexte d'une conception-fabrication architectural.

Ce contexte fonde ces travaux de thèse dont l'objectif est ainsi de montrer l'intérêt, les potentiels et les limites du procédé de Stratoconception® pour l'architecture et la construction bois. Une méthode de conception-fabrication adaptée à l'utilisation de ce procédé dans le contexte des contraintes du secteur de l'architecture et de la construction bois sera proposé à travers cette recherche. Cette communication permet de positionner ces travaux de thèse et de discuter les premiers enjeux relevés.

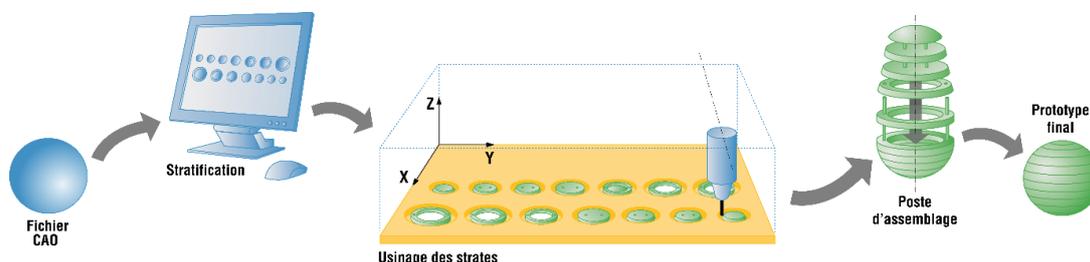


Fig. 1 : Etapes de réalisation d'un objet par le procédé de Stratoconception®

Matériel et méthodes

Afin d'appréhender, visualiser et analyser les points clés d'une conception-fabrication architecturale en Stratoconception®, une phase d'expérimentation est essentielle. Ces expérimentations nous permettront de mettre à jour les données utilisées et échangées nécessaires à la définition d'un modèle de données global et d'inventorier les différentes tâches et leurs répercussions lors d'une activité de conception-fabrication. Elles s'inscriront dans le cadre d'activités pédagogiques en partenariat avec l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy (ENSA Nancy) et l'Ecole Nationale Supérieure des Technologies et Industries du Bois d'Epinal (ENSTIB) visant à éprouver, par le projet, une conception intégrant les potentialités et contraintes du procédé de Stratoconception® et d'une fabrication associée. Le résultat sera un prototype, solution temporaire, dont l'analyse nous permettra de caractériser les problèmes rencontrés lors d'un processus de conception-fabrication par Stratoconception®.

Suite à cette analyse, un modèle théorique sera ainsi formalisé sur la base des données recueillies et se positionnera comme une proposition de méthode de conception-fabrication, par le procédé, adaptée à l'architecture bois dans un contexte paramétrique. La réalisation d'un prototype final visera la validation de ce modèle théorique.

Ces travaux seront réalisés avec le soutien du CIRTES, détenteur du brevet et développeur du procédé de Stratoconception®, et d'entreprises de la construction bois, partenaires de la Chaire « Architecture et Construction bois : du patrimoine au numérique ».

Premiers résultats et discussion

Un état de l'art approfondi des méthodes et outils associés au procédé de Stratoconception® permet de dégager les premiers verrous de son application en architecture et construction bois.

Les méthodes de conception intégrée, mises en exergue par une architecture paramétrique, permettent aux architectes, ingénieurs et constructeurs de collaborer sur des projets dès le début de la conception en faisant la synthèse des caractéristiques des matériaux, performances structurelles et moyens de fabrication. L'intégration de la Stratoconception®, procédé de fabrication, et de ses contraintes en conception est nécessaire pour que l'architecte puisse apprécier l'ensemble des potentiels de liberté formelle offerts. La traduction des données, entre architecture, ingénierie et fabrication est alors un réel enjeu à l'emploi du procédé. L'utilisation du format maillé triangulaire STL par le logiciel associé au procédé, pauvre en données, rompt avec l'idée de continuum numérique sous-jacent à une conception intégrée et entraîne une perte de définition des géométries modélisées par des courbes ou surfaces NURBS en CAO. Si cette problématique est abordée par le projet C-Fast destiné au logiciel de conception mécanique

TopSolid, développé par Missler Software, aucune solution n'existe pour des logiciels de conception architecturale.

L'ingénieur, pour sa part, doit être en mesure de concevoir un modèle de simulation numérique adéquat, justifiant des performances structurelles de l'architecture et rendu complexe par le caractère non-standard de cette dernière et par le manque de méthodes référencées.

L'échelle commune des pièces réalisées par Stratoconception® est de l'ordre du mètre dans des applications en prototypage et outillage rapides. L'enjeu du changement d'échelle du procédé et son adaptation aux contraintes structurelles, thermiques, acoustiques ou encore de résistance au feu de l'architecture bois apparaît alors. Les techniques d'assemblages des strates en Stratoconception® sont le collage ou l'emboîtement (Delebecque, 2005) avec un placement maîtrisé par la mise en place d'inserts ou de pontets. Un questionnement de ces pratiques peut être amené en se basant sur les possibilités laissées par l'adoption d'une fabrication numérique favorisant la redécouverte d'assemblages bois-bois traditionnels exécutés avec une grande précision (Gamerro, 2020). Le changement d'échelle du procédé s'applique aux machines utilisées, aux méthodes d'ablocages associés et aux techniques et moyens de mise en œuvre des strates et ensemble de strates.

Utilisant des panneaux de bois peu ou pas orientés, considérés comme homogènes pour des applications sans contraintes fortes, le procédé de Stratoconception intègre peu les caractéristiques intrinsèques du matériau dans son outil numérique de FAO. La maîtrise de l'angle du fil du bois et sa continuité entre strates permettra de répondre à des contraintes structurelles dans le cas de réalisation d'éléments porteurs ou esthétiques, dans le cas de menuiseries ou d'éléments d'agencement. De même, l'anisotropie et l'hétérogénéité du bois ne sont pas considérés dans les stratégies d'usinage où les panneaux de bois sont considérés comme tout autre matériau homogène. L'adaptation de l'usinage aux propriétés du bois amènerait une finition des pièces accrue (Starikov, 2020), évitant de lourds travaux de ponçage relevés dans les projets d'architectures stratifiées comme lors de la réalisation de la sculpture *Body* de l'architecte Gregor Eichinger en 2015.

L'intégration des caractéristiques du procédé en conception, le traitement des flux de données entre conception et fabrication, la mise en place d'une simulation mécanique adaptée, le changement d'échelle du procédé et l'intégration des caractéristiques intrinsèques du matériau bois sont ainsi autant de facteurs nécessaires à l'adoption d'une fabrication par Stratoconception® en architecture et construction bois. Basée sur l'usinage de matériaux en plaques par machines à commandes numériques, la Stratoconception® possède un fort potentiel d'intégration dans les entreprises équipées. L'appropriation de ces technologies par les entreprises de charpente, de menuiserie ou d'agencements offre un fort potentiel à ce procédé dans la construction bois, sans nécessiter des investissements conséquents.

Conclusions et perspectives

Ces premières observations permettent d'apprécier les enjeux liés à l'adoption du procédé de Stratoconception® en architecture et construction bois. La phase d'expérimentation, débutant, nous permettra d'enrichir notre connaissance de l'emploi de ce procédé dans un processus de conception et fabrication numérique architectural et d'en démontrer tout le potentiel. La levée de verrous identifiés facilitera cette démarche et participera à la proposition et la validation d'une méthode de conception-fabrication pour l'architecture en bois basée sur système constructif non-standard, la Stratoconception®.

Références

- Barlier C. (1991) Procédé pour la création et la réalisation de pièces par C.AO et pièces ainsi obtenues, brevet n°91-02437, 1991.
- Barlier C., Bernard, A. (2020) Fabrication additive-2e éd. : Du prototypage rapide à l'impression 3D. Dunod, p.154-157.
- Buri HU., Weinand Y. (2011) The tectonics of timber architecture in the digital age, *Building with timber: paths into the future*, p.56-62.
- Delebecque B. (2007) Intégration de fonctions avancées à l'inter-strate de pièces réalisées par le procédé de Stratoconception : méthodologie et développement des outils associés, Thèse de doctorat, Université Henri Poincaré-Nancy 1.
- Gamerro J. (2020) Development of novel standardized structural timber elements using wood-wood connections, Thèse de doctorat, Faculté de l'environnement naturel, architectural et construit.
- Iwamoto L. (2013) Digital fabrications: architectural and material techniques, Princeton Architectural Press, p.8-33.
- Kolarevic B. (2003) Digital morphogenesis, *Architecture in the digital age: Design and manufacturing*, p.12-28.
- Labonnote N., Rønquist, A., Manum, B., & Rütther, P. (2016) Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities, *Automation in construction*, vol.72, p347-366.
- Menges A., Schwinn T., Krieg O.D. (2016) *Advancing wood architecture: a computational approach*, Routledge, 232 p.
- Starikov A., Griбанov A., Lapshina M., Mohammed H. (2020) Adaptative milling of solid wood furniture workpieces: analysis of the extended approach capabilities, In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol.595, n°1, IOP Publishing.