



# NOTE DE RECHERCHE

MARS 2017 • V.4, N°5.

## EXPLORATION DE LA COMPLEXITÉ FORMELLE, STRUCTURALE ET MATÉRIELLE POUR LA CLASSIFICATION DES STRUCTURES BOIS EN RÉSILLE

**Résumé :** Les résilles en bois, définies comme étant une grille de membrures adoptant le comportement d'une coque<sup>1</sup>, permettent la réalisation de bâtiments aux géométries complexes issus de l'architecture numérique contemporaine. Ce système constructif novateur présente cependant certaines variations quant à la configuration des treillis et des particularités physiques des matériaux utilisés. Cette recherche développe donc une méthode permettant aux concepteurs de classer l'ensemble des projets dans un graphique à trois axes : forme, structure et matière. À titre d'exemple d'application, six précédents architecturaux de résilles sont analysés et les résultats démontrent qu'il existe une incompatibilité entre un mode d'érection spécifique et la configuration de certains maillages et que les projets construits à ce jour ne semblent pas tirer avantage des propriétés spécifiques de différentes essences de bois.

**Applications potentielles et retombées industrielles :** Cette méthode participe de manière critique à la quête incessante de la complexité en architecture contemporaine en aiguillant les professionnels du bâtiment vers des niveaux de complexité permettant d'apporter de réels bénéfices à la réalisation d'un projet de résille. Ultimement, l'intégration des trois variables (forme, structure et matière) ralliant simplicité et complexité laisse entrevoir une plus grande adéquation entre le bâtiment, l'environnement et les habitants, autant pour la production d'œuvres architecturales génériques que singulière.

### INTRODUCTION

L'utilisation de méthodes constructives traditionnelles dans la réalisation de bâtiments aux formes complexes conduit à une surutilisation de matériaux et à un décuplement du temps de chantier<sup>2</sup>. Les résilles se présentent toutefois comme une alternative constructive crédible à la matérialisation des formes complexes rendues possibles grâce aux nouveaux outils de modélisation numérique. Favorisant l'émergence d'une nouvelle syntaxe formelle, ce système constructif a des conséquences importantes sur l'agencement des structures et sur l'utilisation des matériaux. Pour mieux comprendre les projets réalisés ainsi que pour guider les professionnels du bâtiment dans les choix conceptuels relatifs à la réalisation d'une résille, un outil de classification graphique comprenant trois axes de conception divisés en quatre niveaux de complexité est développé.

Il existe deux catégories de résille dont la principale différence est relative au processus d'érection du bâtiment. Dans un premier cas, les ouvriers cintrent les membrures en usine en fonction de la géométrie finale et les assemblent ultérieurement sur le chantier. Dans un second cas, le gauchissement de la grille se fait exclusivement sur le site. On parle alors de résilles élastiques<sup>3</sup>. Cette distinction permet ultimement de mieux saisir le classement des précédents et de tirer les conclusions qui s'imposent.

### I. MÉTHODE

Sur l'axe formel (Figure 1), le niveau 1 (F1) présente une surface courbée dans un seul plan, le niveau 2 (F2) est une surface à double courbure définissable par une fonction mathématique, le niveau 3 (F3) fait appel à

une forme libre et le niveau 4 (F4) réfère à une forme libre qui se replie sur elle-même pour former un élément d'appui ou définir une cour centrale.



Figure 1. Niveaux de complexité sur l'axe formel.

Sur l'axe structural (Figure 2), le niveau 1 (S1) présente des membrures orthogonales et équidistantes, le niveau 2 (S2) adopte une grille orthogonale où l'espacement des membrures peut varier, le niveau 3 (S3) autorise les déviations et le niveau 4 (S4) permet l'agencement le moins contraignant dans lequel les membrures peuvent se croiser et se regrouper dans les zones les plus sollicitées. À ce niveau, le treillis adopte des configurations imprévisibles qui laissent entrevoir des agencements optimisés répondant efficacement aux charges.

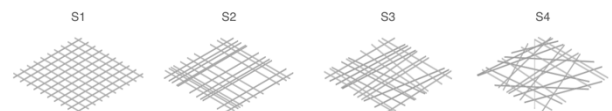


Figure 2. Niveaux de complexité sur l'axe structural.

Sur l'axe matériel (Figure 3), le niveau 1 (M1) correspond à un maillage homogène composé d'une essence de bois unique, le niveau 2 (M2) est caractérisé par un triage mécanique des composants, le niveau 3 (M3) fait correspondre les propriétés de différentes essences de bois et l'intensité des efforts et le niveau 4 (M4) présente des variations matérielles à l'intérieur d'une même membrure. On peut imaginer, par exemple, un segment d'épingle qui est joint à un morceau de



chêne qui se termine par une pièce de sapin.

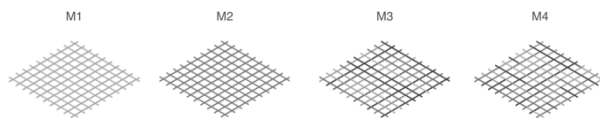


Figure 3. Niveaux de complexité sur l'axe matériel.

Rassemblés en un graphique, ces trois axes deviennent un outil de classification pour les résilles dont l'ensemble des familles sont représentées par un « code génétique ». La section suivante détaille une série de précédents comme exemple d'application.

## II. EXEMPLE D'APPLICATION ET DISCUSSION

Le Tableau 1 présente six résilles construites, dont quatre élastiques, une rigide et une hybride (lamellé-collé préfabriqué et treillis gauchi sur le site). En fonction des critères précédemment définis, on établit le code de chaque projet que l'on positionne ensuite dans le graphique de la Figure 4.

Tableau 1. Précédents architecturaux de résilles						
Projet	Année	Type	Géométrie	Grille	Essence	Code
Mannheim Multihalle	1975	Élastique	Funiculaire	Équidistante	Pruche de l'Ouest	[F3:S1:M1]
Polydôme de l'EPFL	1991	Élastique	Dôme	Orthogonale	Variable (résineux)	[F2:S2:M1]
Flimwell Woodland Enterprise Center	1999	Hybride	Voûte	Équidistante	Châtaignier	[F1:S1:M1]
Weald and Downland Museum	2002	Élastique	Sinusoidé	Déviante	Chêne	[F2:S3:M1]
Savill Building	2005	Élastique	Sinusoidé	Équidistante	Mélèze	[F2:S1:M1]
Centre Pompidou-Metz	2010	Rigide	Libre	Intersection	Lamellé-collé	[F4:S4:M1]

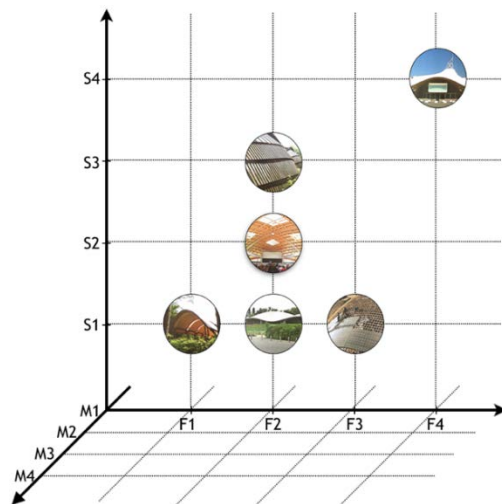


Figure 4. Classification des résilles selon les trois axes de complexité<sup>4</sup>

• On remarque que la moitié des projets adoptent des géométries à double courbe définissables d'un point de vue mathématique (F2) et que les projets les plus complexes formellement font appel à des modes d'érection complètement différents : le *Mannheim Multihalle* est une résille élastique alors que le *Centre*

*Pompidou-Metz* est un projet de résille rigide dont les composantes sont préfabriquées.

• La majorité des projets utilise une grille orthogonale ou équidistante facilitant la déformation pour les résilles élastiques.

• Le projet ayant la forme la plus complexe, le centre Pompidou-Metz, est celui possédant la grille la plus complexe puisque la transformation du treillis en points d'appui au sol entraîne une forte courbure et une déformation de la géométrie des cellules.

• Bien que *le Weald and Downland Museum* se trouve au troisième niveau de complexité structurale (S3), la perméabilité des connecteurs demeure négligeable et la grille est équidistante et orthogonale au départ.

• Malgré des essences de bois différentes d'un projet à l'autre, il y a peu de variabilité à l'intérieur d'un même projet. Dans certains cas, les pièces peuvent être triées pour répondre aux normes en vigueur. Tous les exemples sont tout de même situés sur le premier niveau de l'axe matériel.

## III. CONCLUSIONS

• Il semble être possible de construire des formes complexes aussi bien avec les résilles élastiques que rigides bien qu'une surface déformée sur le site ne puisse converger en points d'appui au sol en raison de sa capacité de déformation limitée.

• Avec les connecteurs traditionnels, la configuration des membrures des résilles élastiques peut difficilement atteindre des niveaux de complexité élevés puisque la grille gagne en rigidité et devient difficilement déformable.

• La segmentation de la surface en utilisant une structure primaire de composantes préfabriquées et une structure secondaire de grilles déformables semble être une avenue intéressante dans la matérialisation de formes libres.

• Les projets actuels de résilles en bois explorent très peu la complexité matérielle et s'inscrivent davantage dans une logique tectonique que composite. L'optimisation matérielle présente une avenue de recherche intéressante pour positionner le bois face à l'émergence des nouveaux matériaux de synthèse.

<sup>1</sup> Douthe, C. (2007). *Etude de structures élancées précontraintes en matériaux composites, application à la conception des gridshells*. Ecole des Ponts ParisTech.

<sup>2</sup> Malek, S. R. (2012). *The effect of geometry and topology on the mechanics of grid shells*. Massachusetts Institute of Technology.

<sup>3</sup> Chilton, J. & Tang, G. (2017). *Timber gridshells: architecture, structure and craft*. London: Routledge.

<sup>4</sup> Photos: Chilton, J. & Tang, G. (2017). *Timber gridshells: architecture, structure and craft*. London: Routledge.

Auteur: Philippe Charest, M.Arch.

Pour plus d'informations:

philippe.charest.1@ulaval.ca (418) 802-6293

Centre de recherche sur les matériaux renouvelables, Pavillon Gene-H.-Kruger,  
2425 rue de la Terrasse, Université Laval, Québec, Qc, Canada G1V 0A6  
<http://www.materiauxrenouvelables.ca>