

# LE NOUVEAU PAVILLON EN BOIS DU THÉÂTRE VIDY-LAUSANNE

Le théâtre de Vidy a été construit en 1964, dans le cadre de l'Exposition nationale suisse de Lausanne. Il faisait partie du demi-secteur « Eduquer et créer » confié à Max Bill (1908-1994) et constitue le témoignage architectural le plus important conservé après cette manifestation dont l'impact a été considérable, en Suisse comme ailleurs, notamment par son architecture audacieuse et les innovations qu'elle présentait. Sauvé par Charles Apothéloz (1922-1982), son premier directeur, qui en obtint le rachat par la Ville de Lausanne en 1965, il a fait l'objet de différentes transformations depuis. Dernière en date, le réaménagement de son foyer, à l'occasion de son cinquantième, afin que cet espace retrouve l'esprit dans lequel Max Bill l'a conçu.

Trois ans après cette transformation, le Théâtre Vidy-Lausanne remplace le chapiteau qu'il utilisait depuis 2005 par un nouveau bâtiment. Celui-ci est l'œuvre d'Yves Weinand, architecte, directeur du laboratoire IBOIS de l'EPFL.

Max Bill, porté par la qualité de sa vision à la tête de l'Ecole d'Ulm de 1953 à 1955, puis d'une chaire consacrée au design de l'environnement à

l'école des Beaux-Arts de Hambourg de 1967 à 1974, avait développé pour l'Expo 64 un projet exemplaire dans l'utilisation des moyens de rationalisation et de préfabrication de son époque. Pensé pour être recyclé alors que la logique de consommation exponentielle des Trente Glorieuses battait son plein, le demi-pavillon « Eduquer et créer » avait pu être en partie racheté pour servir à différents usages.

## L'invention de moyens mêlant art et science

Le nouveau Pavillon en bois s'inscrit dans la logique d'économie des ressources propre à l'architecture de Max Bill et témoigne de la même imagination dans l'invention de moyens mêlant art et science. Né d'un dialogue fécond entre ces univers, il relie recherches théoriques et production effective dans l'esprit du mouvement de l'art concret dont le créateur zurichois fût une des grandes figures et offre un espace valant à la fois pour ses qualités esthétiques et fonctionnelles au service des artistes et du public.





# SCULPTURE PAVILLON

Architecture expérimentale par excellence, le pavillon est un thème récurrent dans l’œuvre de Max Bill. Celui qu’il bâtit pour la ville d’Ulm à l’Exposition nationale de Stuttgart, en 1955, figure parmi les références de ce type de construction. Conçu en 1953, son fameux tabouret en bois date également de la période de son enseignement à l’Ecole d’Ulm, créée au sortir de la Deuxième Guerre mondiale pour faire revivre l’esprit du Bauhaus, école fermée par le régime nazi en 1933 et où il avait étudié. Le nouveau pavillon du Théâtre Vidy-Lausanne, dont le projet a servi à stimuler l’enseignement à l’EPFL et permis de mettre en œuvre à une échelle inédite le fruit des recherches menées au sein du laboratoire de recherche en architecture et ingénierie civile IBOIS-EPFL, fait écho à cet engagement pédagogique.

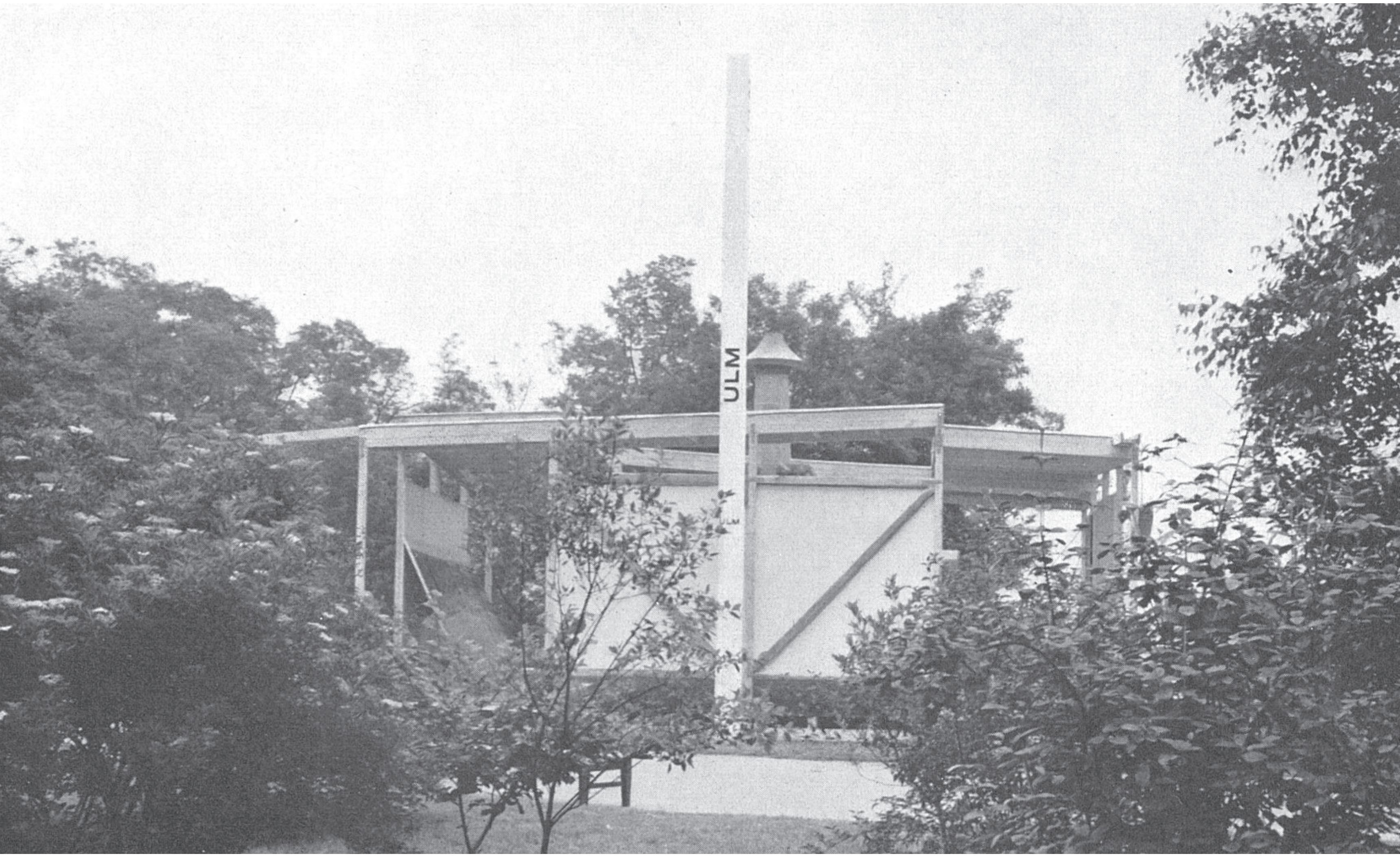
## Une passerelle entre les enjeux esthétiques et fonctionnels

En 1952, Bill participe au concours pour le Monument du prisonnier politique inconnu. Sa proposition est classée au troisième rang. Composé de trois cadres cubiques de quatre mètres d’arête créant, par leur

disposition, un espace triangulaire au centre duquel se trouve une colonne, le projet suscite une discussion sur la limite entre sculpture et architecture. Bill prend position et décrit son travail comme une synthèse entre ces deux domaines et un troisième, la peinture, également concernée par ce dispositif dont les éléments sont de couleurs différentes. A partir des années 1960 et jusqu’à la fin de sa vie, il va développer une série d’œuvres jouant sur l’ambiguïté qui lui a été reprochée auxquelles il donne le nom de sculpture pavillon, un terme qui semble avoir été forgé pour le bâtiment qui est venu rejoindre celui qu’il a réalisé à Vidy. Par l’association des mots sculpture et pavillon, Bill crée une passerelle entre enjeux esthétiques et fonctionnels. Plutôt que de prendre position dans le débat sur leur hiérarchie, il cherche à concilier ces deux notions.

Cette préoccupation est au cœur de certains de ses écrits essentiels, comme l’article Schönheit aus Funktion und als Funktion, qu’il publie en 1949, et où figure ce passage :

« La production de biens de grande consommation doit être conçue de manière à ce que non seulement une certaine beauté émane de leur fonction, mais que cette beauté devienne elle-même une fonction. »





# SCULPTURE PAVILLON

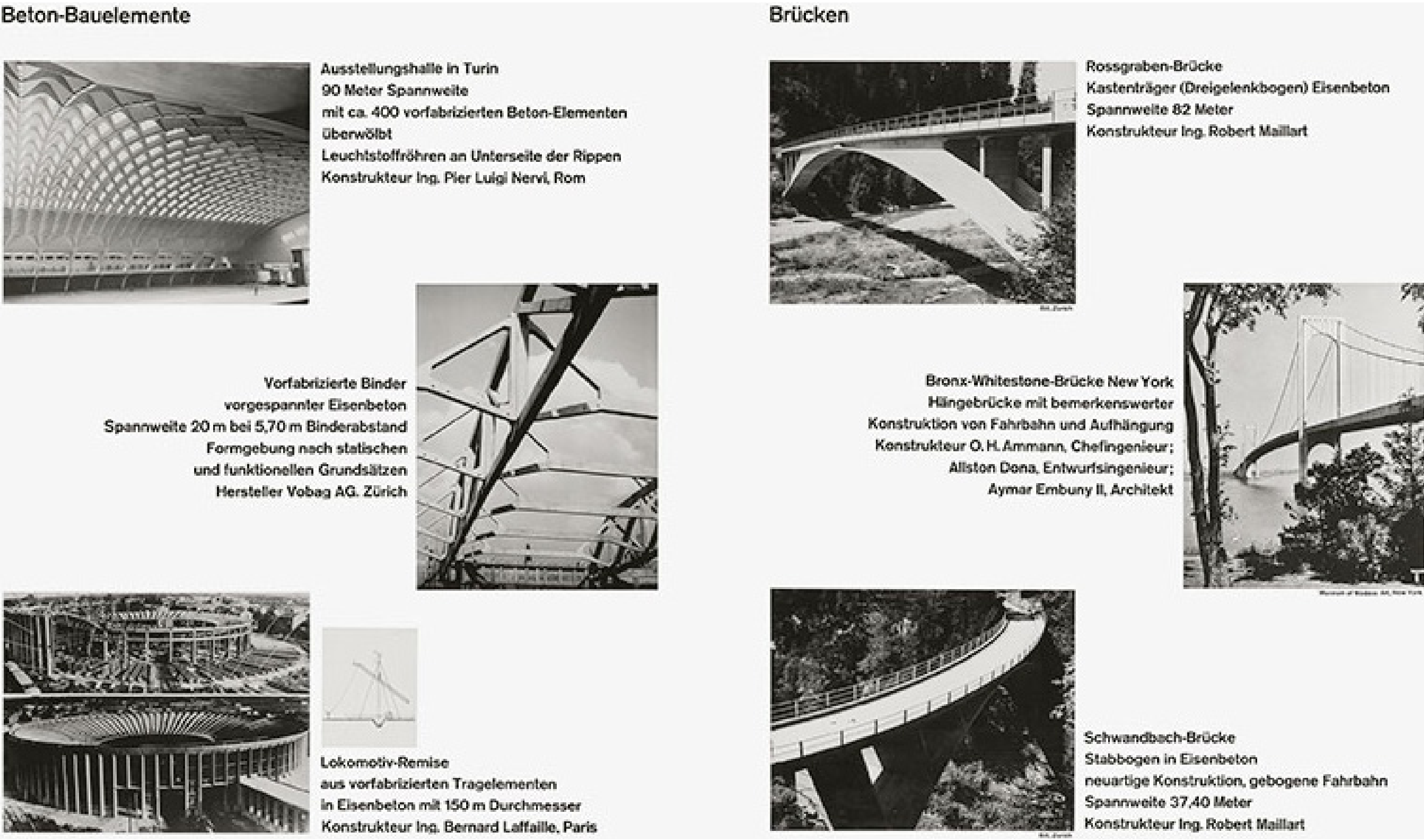
En 1949, Max Bill organise l'exposition Die gute Form, principe dont le catalogue donne la définition suivante :

« Par bonne forme nous entendons la forme d'un produit développée à partir de ses conditions techniques et fonctionnelles, qui soit à la fois belle et en pleine adéquation avec son utilisation »

Ce document consiste en un recueil de références tirées d'un grand nombre de domaines, comme la nature, la science, l'art ou la technique : chaque page présente trois illustrations et, au fil de leur parcours, se dessine un univers cohérent. Faisant écho à cette conception ouverte de l'idée de forme, le nouveau Pavillon de Vidy évoque des formes naturelles tout en ayant été réalisé grâce à des moyens d'une grande sophistication. Les processus de conception et de fabrication utilisés ont permis de réduire les compromis qu'entraîne le passage de l'un à l'autre. Il répond remarquablement à sa fonction tout en ayant une dimension esthétique fascinante.

## Entre art, structure et fonction

En 1965, un an après la fin de l'Expo 64, Max Bill publie un texte intitulé Structure as art ? Art as structure ? Cet aller-retour est au cœur du projet d'Yves Weinand : le bâtiment qu'il a réalisé montre qu'aucune rencontre n'est impossible. Comment respecter le bâtiment de Max Bill à la fois dans sa forme et son esprit ? Les façades nord et sud du pavillon s'inscrivent dans sa géométrie, alors que les côtés est et ouest du pavillon trouvent leur forme au travers d'une logique propre. Cet équilibre entre structure et liberté fait que le nouveau pavillon porte à la fois l'héritage du demi-secteur « Eduquer et créer » et celui des formes les plus spectaculaires de l'Expo 64, comme le héraison qui représentait l'armée, juste à côté du bâtiment de Bill.





# DU BOIS, DES IDÉES

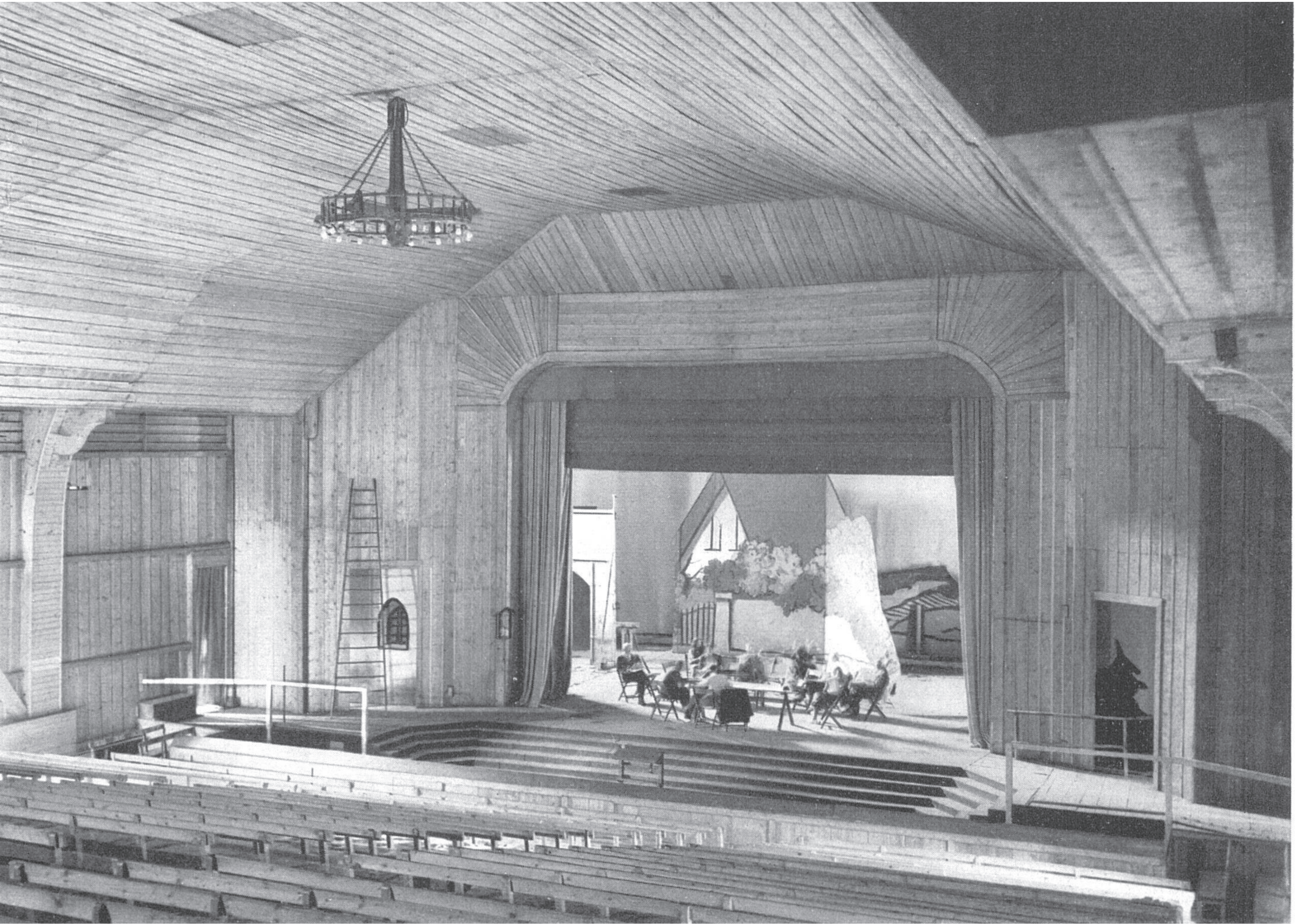
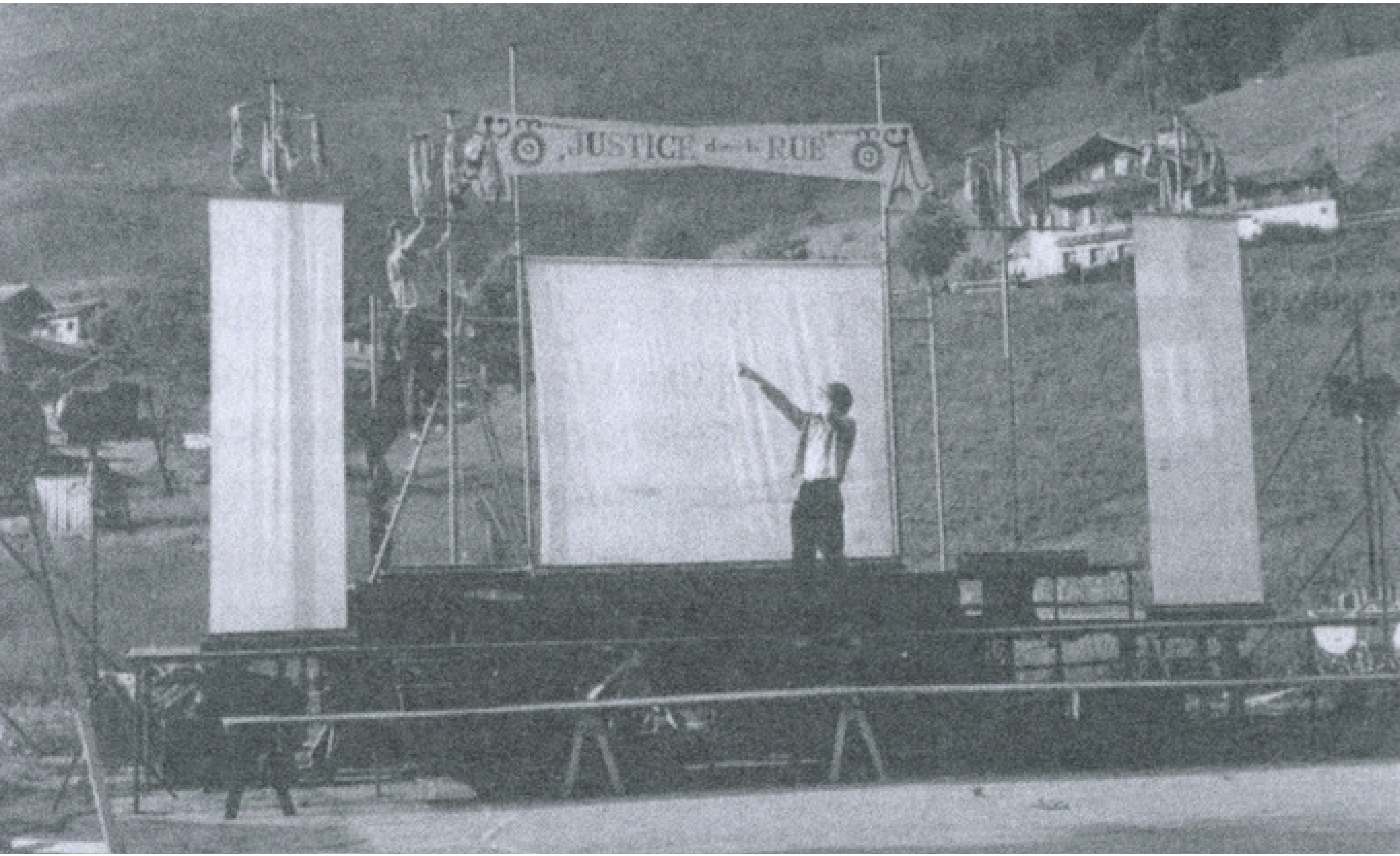
En 1964, réfléchissant au futur du site de l'Expo, les autorités lausannoises se fixent comme but général de « réaliser à Vidy une zone de détente proche de la ville et du lac, faisant le pendant des forêts du Jorat. » Bâti au bord de l'eau avec un matériau renvoyant aux espaces boisés du nord de la ville, le pavillon fait du Théâtre de Vidy une métaphore de la diversité du territoire lausannois, et même vaudois. En effet, comment ne pas y voir un frère cadet du Théâtre du Jorat, à Mézières, inauguré en 1908. Celui-ci était considéré comme un modèle par les architectes de la génération de Max Bill, comme le montre sa présence au sommaire d'un numéro consacré au théâtre de Das Werk, la célèbre revue suisse d'architecture d'avant-garde, paru en 1953.

## Un travail d'équipe

Invité à décrire la réalisation de la « Grange sublime », René Morax (1873-1963) adresse les précisions suivantes à la revue : « Je suis heureux de l'intérêt que vous portez à la construction du Théâtre du Jorat. Car ce ne fut pas l'œuvre d'un architecte particulier, mais d'une

collaboration de peintres, de musicien, de décorateur de théâtre et d'un jeune auteur [...] Nous connaissions pratiquement toutes les déficiences des théâtres modernes (L'Opéra-Comique, de Paris, en particulier) et l'ignorance des architectes, dont tout l'intérêt se portait sur la salle et non sur la scène. »

Le travail d'équipe qu'il décrit fait penser à celui déployé pour bâtir le nouveau pavillon, dont une partie du chantier a été confié aux équipes du Théâtre Vidy-Lausanne. Et aussi à l'aventure des Faux-Nez, la troupe de Charles Apothéloz : c'est en 1953 qu'elle aménage son cabaret de la rue de Bourg, avec peu d'autres moyens que son énergie et une imagination dont elle fait également usage pour un projet de théâtre ambulant. En 1957, celui-ci se concrétise et la troupe part sillonner le canton de Vaud . Cette aventure comme son engagement pour le Théâtre de Vidy témoignent de la volonté d'Apothéloz de doter Lausanne et sa région des outils nécessaires au développement d'une ambition théâtrale, tout en étant attentif à ce que ceux-ci soient une source d'inspiration.





# ENJEUX DU LABORATOIRE

## IBOIS

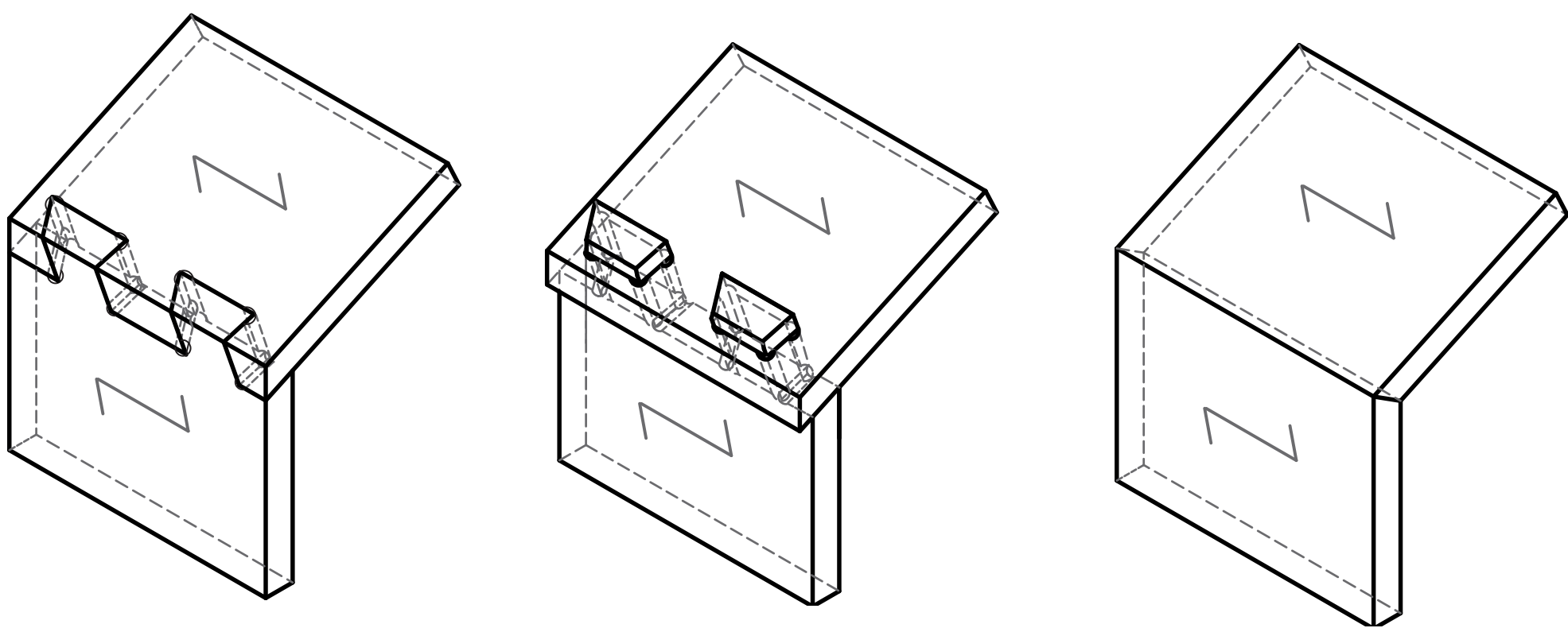
par son directeur Prof. Dr. Yves Weinand

« Ces deux derniers siècles, la domination de l’acier et ensuite du béton armé dans le secteur de la recherche alliée à la pratique du génie civil et de la science des matériaux a entraîné un grave manque en matière de recherche sur le bois en tant que matériau de construction. Depuis que la profession d’ingénieur des ponts et chaussées s’est développée au XVIIIème siècle, la connaissance intuitive des charpentiers et de leurs prédécesseurs qualifiés s’est perdue. Aujourd’hui, de nombreux ingénieurs n’utilisent pas le bois comme matériau de construction, car ils partent du principe que ce dernier est moins solide que l’acier et le béton armé. Ma double casquette d’architecte et d’ingénieur civil me permet de me concentrer sur les aspects interdisciplinaires de la construction et du design architectural et donc de développer des synergies entre ces deux domaines. Suite à des recherches pionnières dans le domaine de l’ingénierie structurale ainsi que dans celui de la construction, mon approche diffère de la plupart des théoriciens et praticiens qui ne se spécialisent que dans l’un de ces domaines. Par ailleurs, en mêlant pratique, enseignement et recherche, je suis en mesure de transmettre aux étudiants des compétences revendiquées par les architectes, comme la subjectivité et l’esthétique, autant que des connaissances structurales et techniques approfondies. Mes recherches se concentrent sur les questions techniques, conceptuelles et structurales des matériaux qui, à quelques exceptions près depuis la Renaissance, ont été négligées ou déléguées à d’autres par les architectes au profit de la réalisation de leurs objectifs esthétiques.

### Prendre en compte les liens fondamentaux qui peuvent exister entre l’art et la science

Lorsque nous développons nos projets de recherches, j’essaie de prendre en compte les liens fondamentaux qui peuvent exister entre l’art et la science, notamment en faisant appel autant aux démarches inductives que déductives. Les perspectives scientifiques et objectives se mêlent alors avec celles de l’ordre subjectif et esthétique et celles de l’expérience pratique et technique.

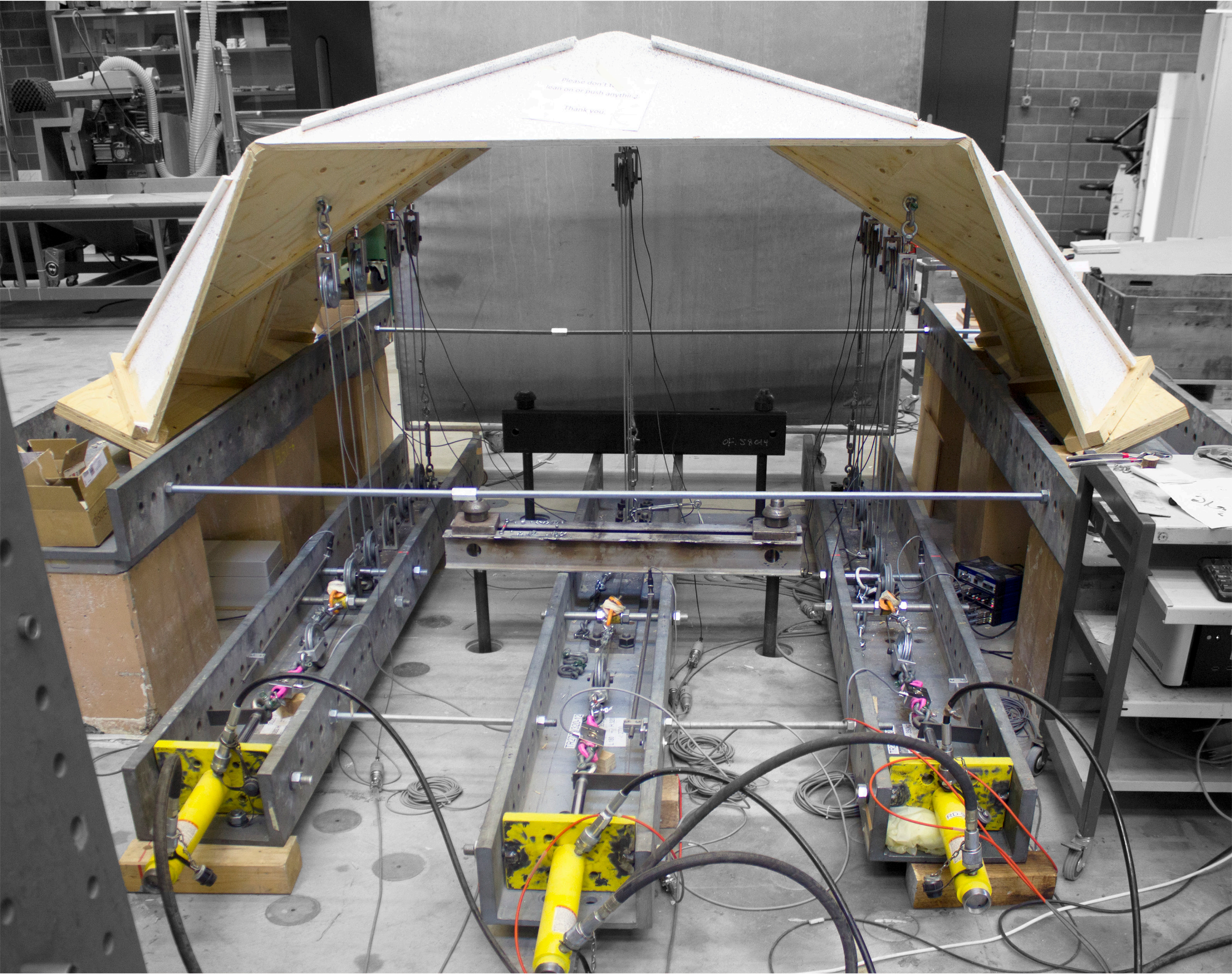
Dans le domaine de l’analyse structurale pour la construction de bâtiments, l’effet d’échelle est souvent simplement ignoré. Mon approche permet de prendre en compte les exigences mécaniques de la forme et de la structure : elles ne peuvent avoir une signification et un sens complets que dans le contexte du phénomène géométriquement mis à l’échelle duquel elles dépendent. Dans le cadre de notre concept de design, l’utilisation de la représentation numérique de l’architecture devient un outil précieux qui a renforcé l’intégration de la structure, de la forme et du matériau. Cependant, la modélisation numérique ne peut pas remplacer l’étude de la réalité physique, élément crucial lors de la conception de la forme et de l’espace et de la structure les intégrant. Ces recherches appliquées visent à intégrer les possibilités des deux approches. »



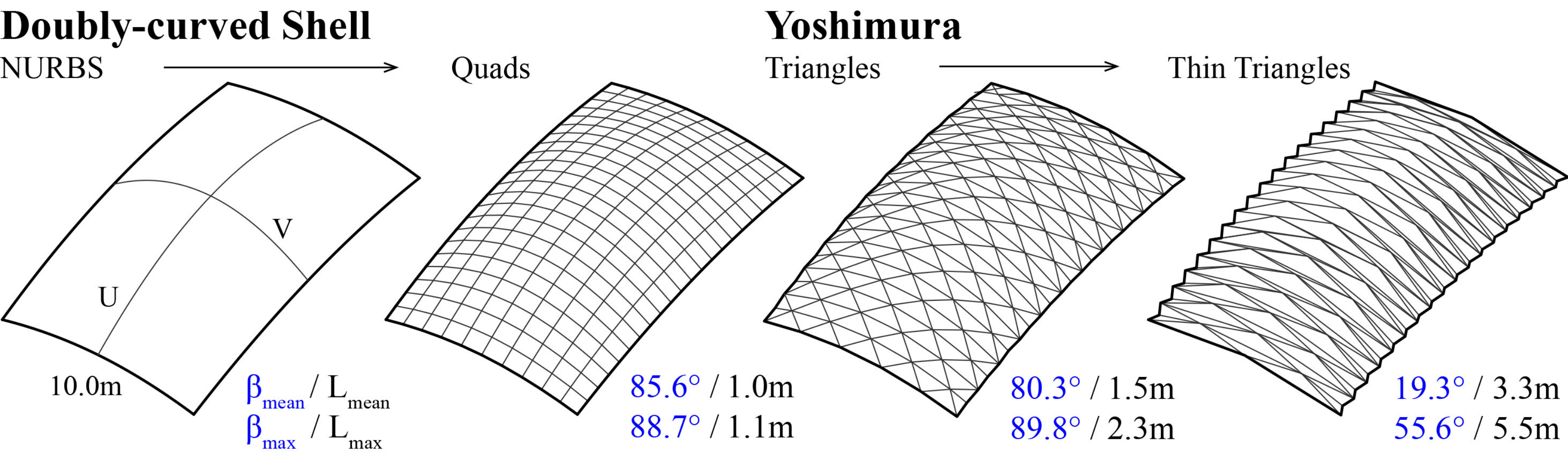
Differentes sortes de connexions bois-bois



Structure plissée en panneaux en bois stratifié Joint à tenons fermés



Banc d’essai à chargement surfacique d’une coque plissée



Processus de mise en forme sous contraintes



# LE COURS « CONCEVOIR DES STRUCTURES » A L'EPFL

## L'enseignement Ibois

L'époque moderne a vu naître des projets d'ingénierie civile quittant la sphère des géométries classiques ou euclidiennes. L'outil informatique émergeant permet aujourd'hui de créer des formes définies numériquement mais dont on ne domine pas nécessairement le descriptif analytique. La description des éléments nécessaires pour permettre leur réalisation est difficile, voire parfois impossible.

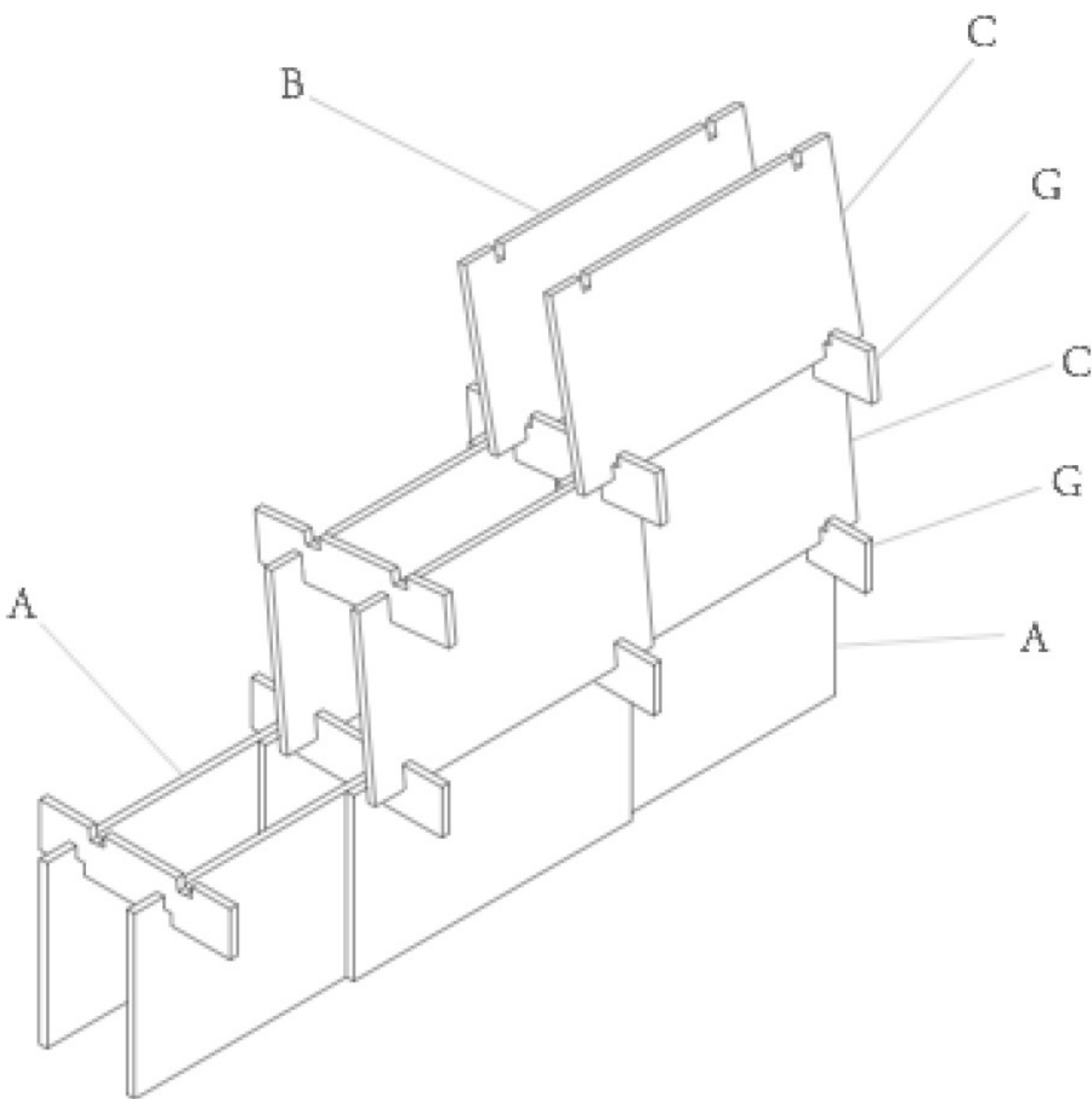
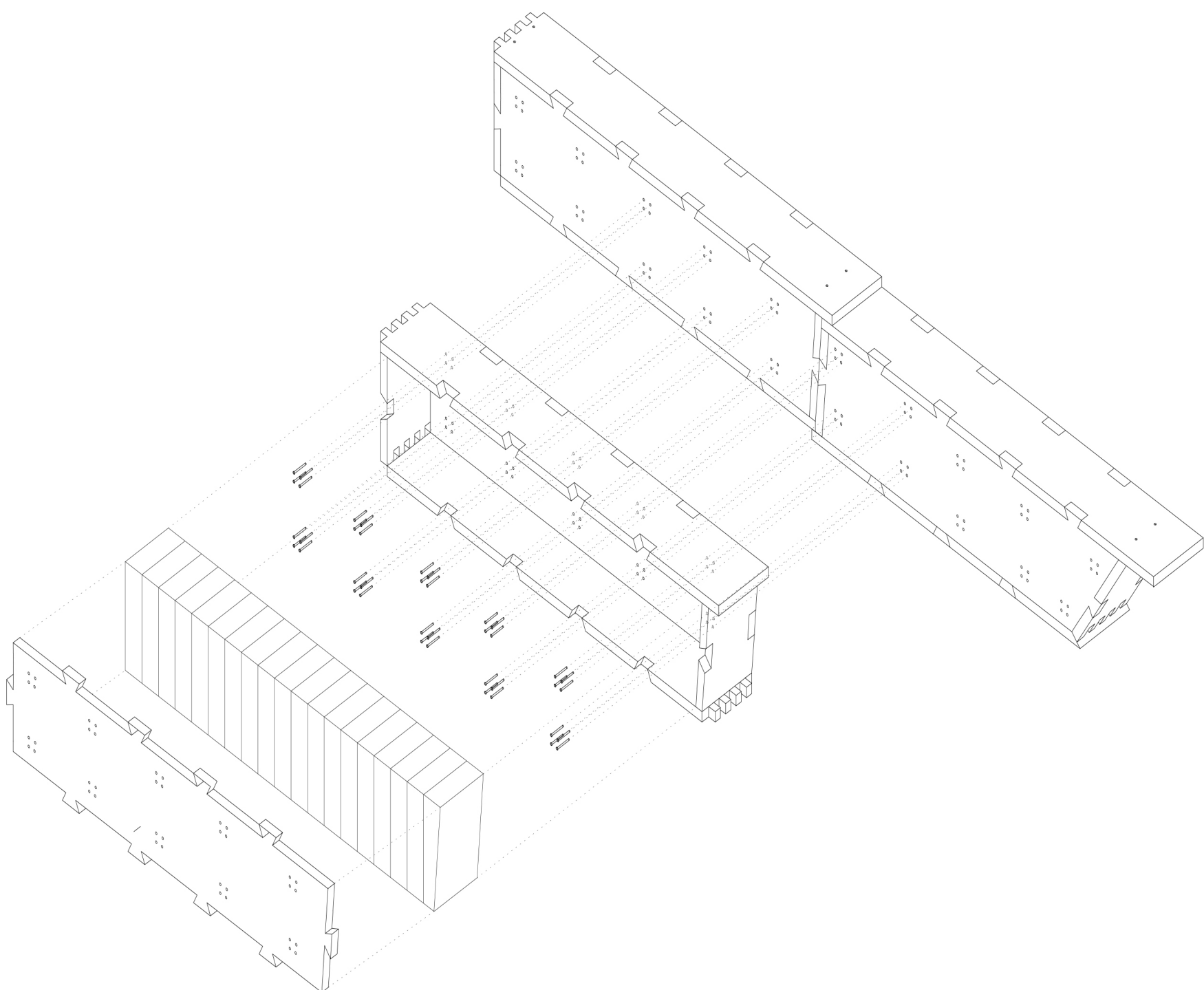
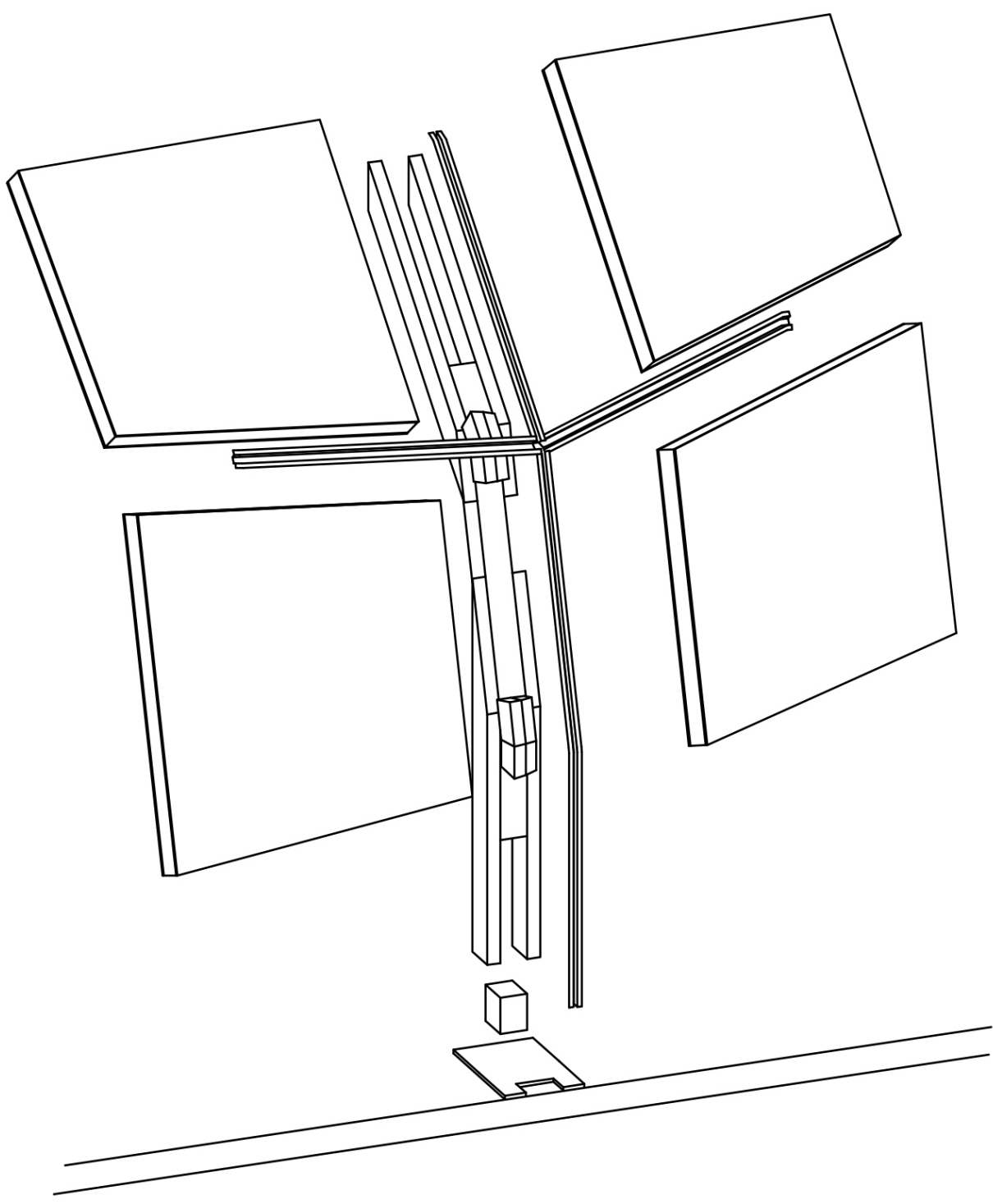
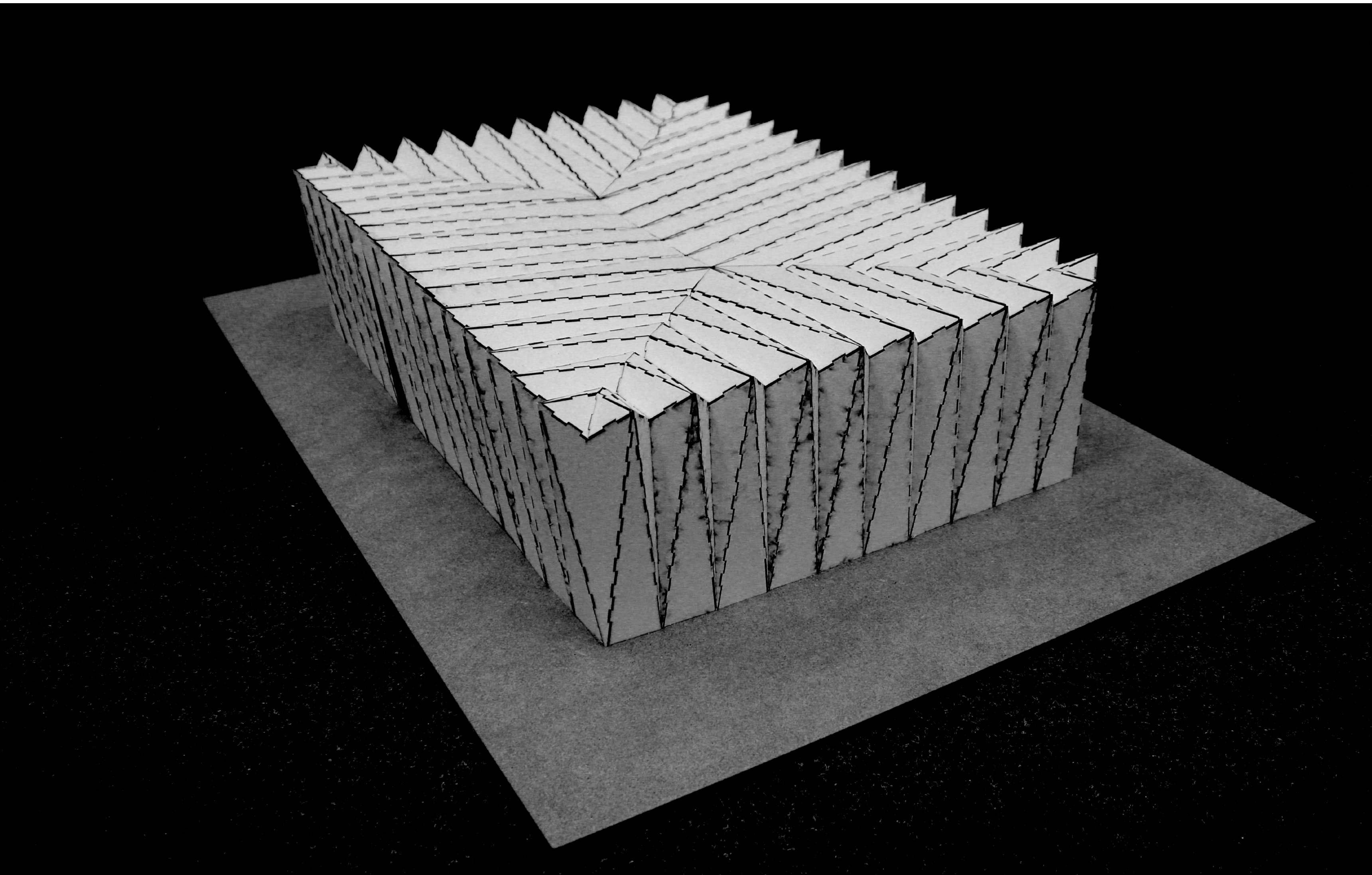
## La structure et la forme

En effet, en architecture et dans la construction en général, il est nécessaire de subdiviser la forme d'une toiture, par exemple, en sous-ensembles afin de pouvoir la construire. Dans le cadre d'une réflexion qui porte sur la forme globale et sa constructibilité selon des critères justes, ce processus de subdivision de la forme globale est d'importance. Selon le type de surface de départ, il peut être trivial ou au contraire insoluble géométriquement et par conséquent inconstructible. D'où l'importance de comprendre les propriétés géométriques de la surface de départ - propriétés qui conditionneront par la suite le modèle de subdivision. La règle géométrique qui régit le rapport entre ces éléments, appelée « situation locale », varie également avec ces modèles choisis.

Avec l'émergence des nouveaux outils, la question du rapport entre forme et structure a ainsi été bousculée et elle réapparaît avec d'autant plus d'actualité. Aujourd'hui, la motivation du concepteur peut varier : une structure déterminée doit-elle être optimisée formellement ou, au contraire, une forme souhaitée doit-elle être structurellement efficace ? Et la décomposition structurelle de la forme finale est déterminée par cette question.

Durant l'année académique 2015-2016, nous avons proposé le programme du théâtre de Vidy aux étudiants du cours de troisième année du bachelier en architecture à l'EPFL. Parallèlement au projet de référence qui est construit aujourd'hui, les étudiants ont réussi à décliner en 20 projets de théâtre dont 11 sont présentés dans la suite. Ces projets peuvent être répartis en trois catégories de projets qui correspondent à des réponses structurelles de nature différente :

- A) Les projets mettant en œuvre une seule structure globale
- B) Les projets avec plusieurs structures travaillant dans un seul plan
- C) Les projets avec plusieurs structures travaillant dans l'espace





# JOINTS COURBES

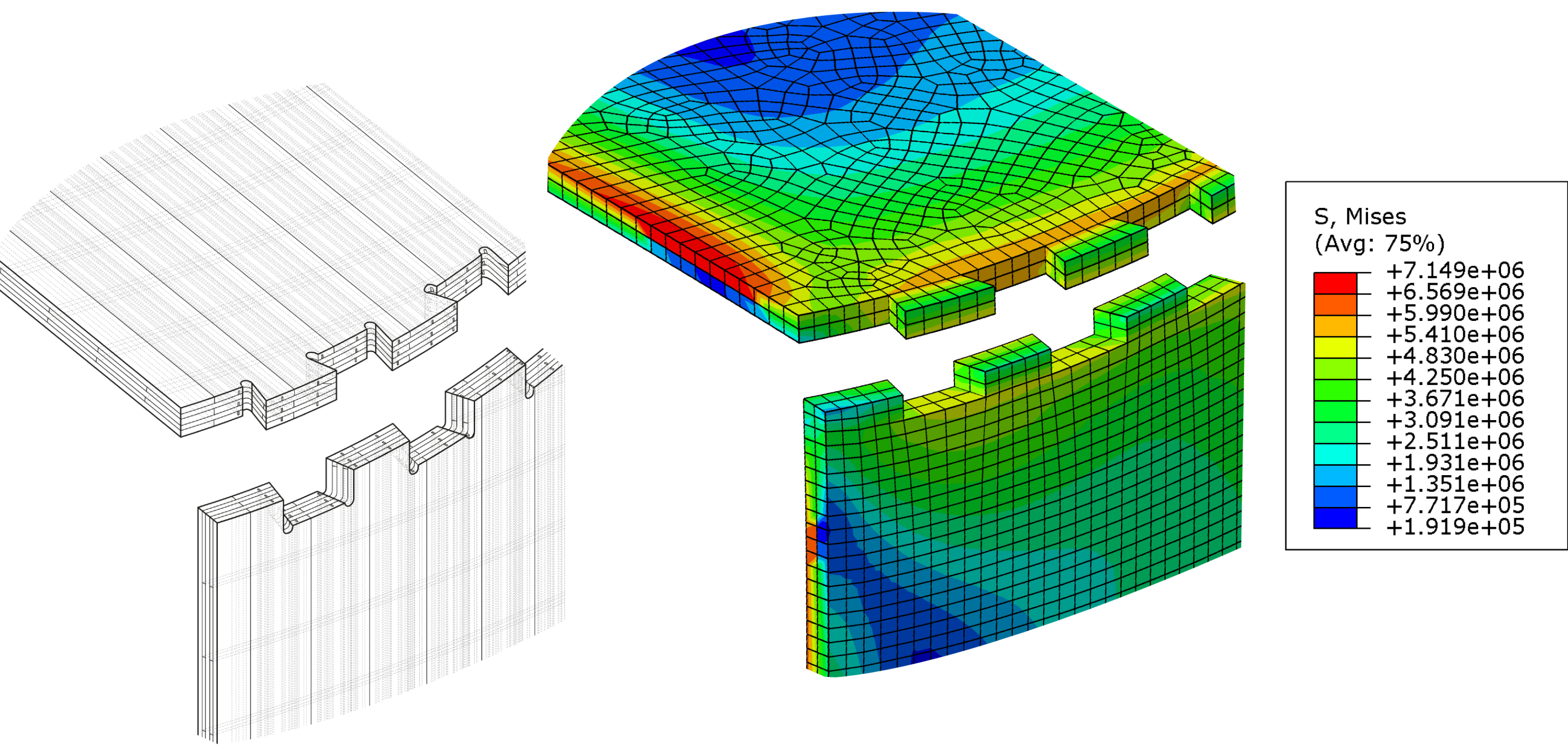
La recherche dans la construction du bois – qui associe ici le génie civil, l’architecture, les mathématiques et l’informatique – mène à des solutions de construction novatrices qui peuvent être construites efficacement. Elle ouvre de nouvelles perspectives pour l’architecture du bois.

La structure en bois conçue et fabriquée spécifiquement pour une exposition organisée par l’Ecole d’architecture de Mendrisio au Tessin constitue la première application à grande échelle des connections bois-bois mécaniquement efficaces. La forme courbée est obtenue par l’imbrication des panneaux en bois fabriqués selon une courbure imposée et non par une flexion active.

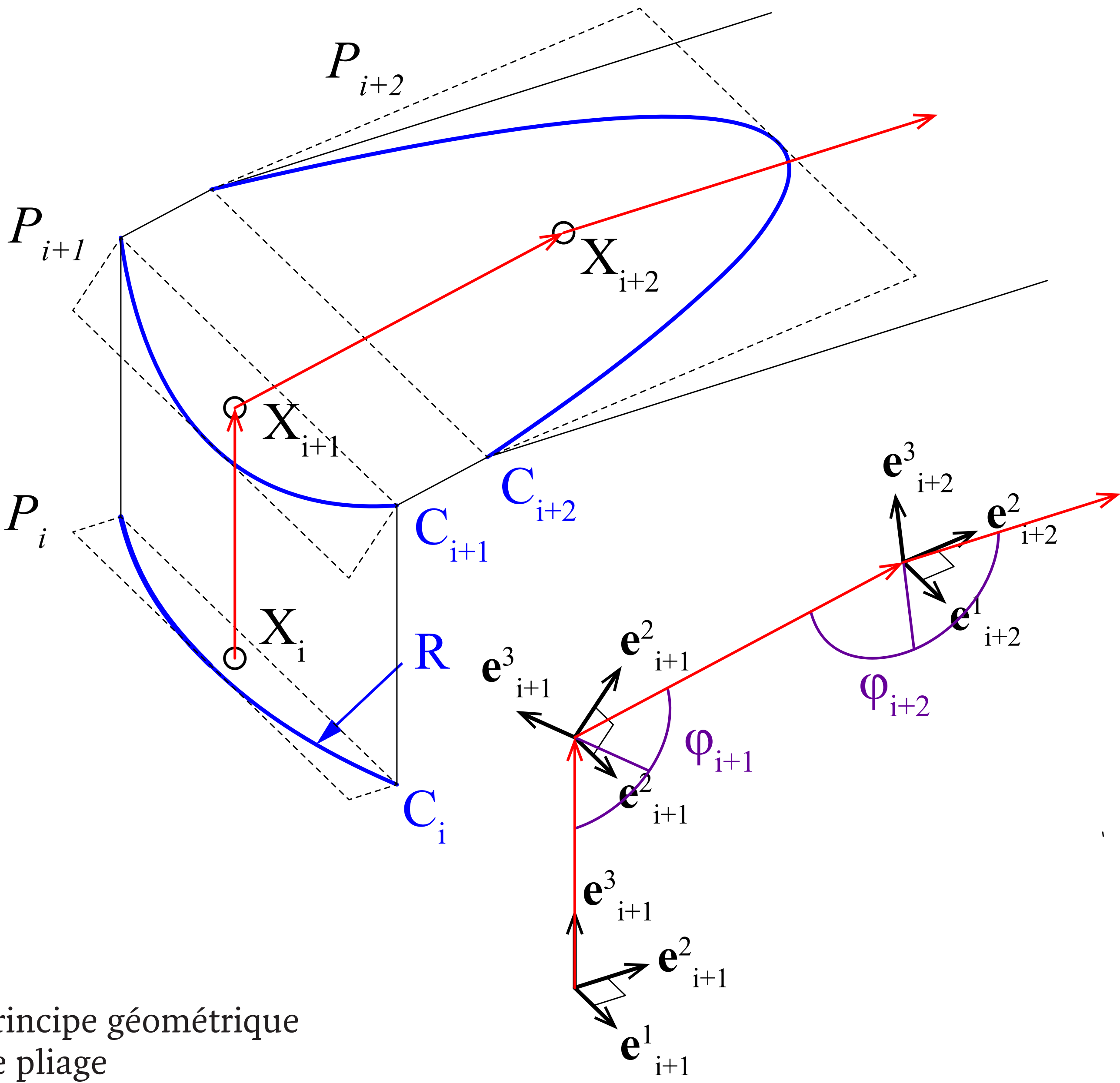
## Maîtriser la précision, la résistance et l’efficacité des connexions bois-bois

Le prototype, en forme de portique, est composé de panneaux incurvés en bois stratifié. Grâce à sa forme pliée particulière, la construction légère couvre 13,5 m avec une épaisseur de coque de seulement 77 mm. C’est la courbure des panneaux qui confère à ce portique une hauteur statique qui se développe dans l’espace. Les connexions entre les panneaux sont une partie essentielle du projet: la précision, la résistance et l’efficacité des joints, préfabriqués avec l’utilisation de machines à découpe automatisée, sont décisifs pour la performance et l’apparence de la structure.

Participants: Dr. Christopher Robeller, Dr. Sina Nabaei, Prof. Dr. Yves Weinand



Modélisation à l’aide d’éléments finis volumiques de la connexion bois-bois.



Principe géométrique de pliage



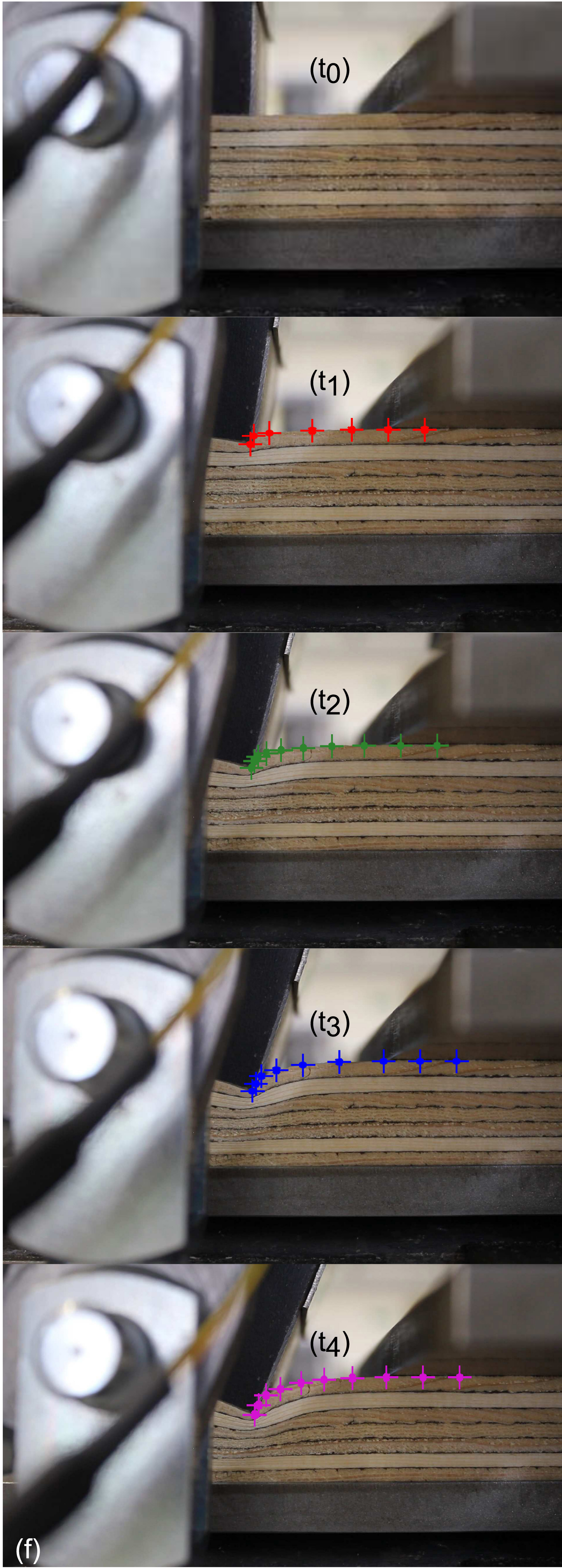
# ANALYSE ME- CANIQUE DES JOINTS BOIS- BOIS

Cette recherche décrit la conception et les applications potentielles de joints nouveaux dans le secteur de la construction, mais couramment utilisés dans d’autres domaines tels que l’industrie automobile ou de l’électronique. Ces raccords à encliquetage sont fabriqués par CNC (computer numerical control) pour les panneaux de placage stratifiés (LVL). Au-delà de notre application des connaissances existantes sur la conception et le dimensionnement de ces articulations, nous avons développé plusieurs adaptations pour optimiser les connecteurs pour l’assemblage de panneaux de bois de construction. Ceci était nécessaire en raison des matériaux et des procédés de fabrication dans la construction du bois, qui sont différents de ceux des secteurs d’origine des joints à encliquetage.

## Des raccords uniquement en bois au montage intuitif

Nous proposons des applications, y compris deux études de cas avec des prototypes physiques: 1. un prototype de poutre-caisson sur lequel nous introduisons la combinaison de joints à encliquetage avec des joints de tabix-rainure résistants au cisaillement et testons les performances mécaniques des joints. 2: Un prototype d’arc à double couche avec des joints non orthogonaux à 5 axes fabriqués par CNC. Outre le fait que ces joints nous permettent d’éviter tout connecteurs métalliques, ils ont également comme avantage de nécessiter le pré-positionnement correct de chaque pièce à assembler. Ainsi ce pré-positionnement devient intuitif puisque chaque joint est à un seul degré de liberté.

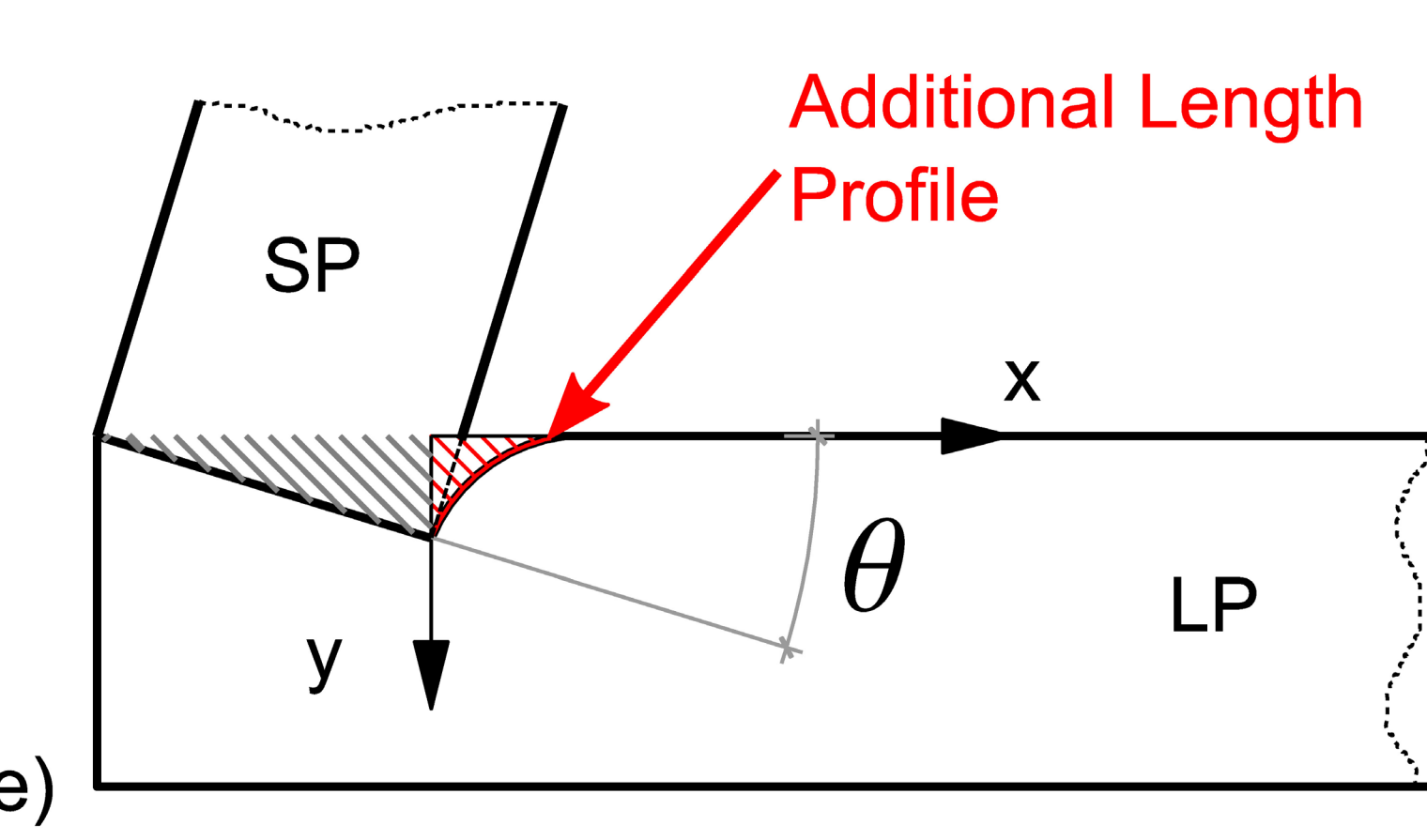
Participants: Stéphane Roche, Julien Gamarro, Prof. Dr. Yves Weinand



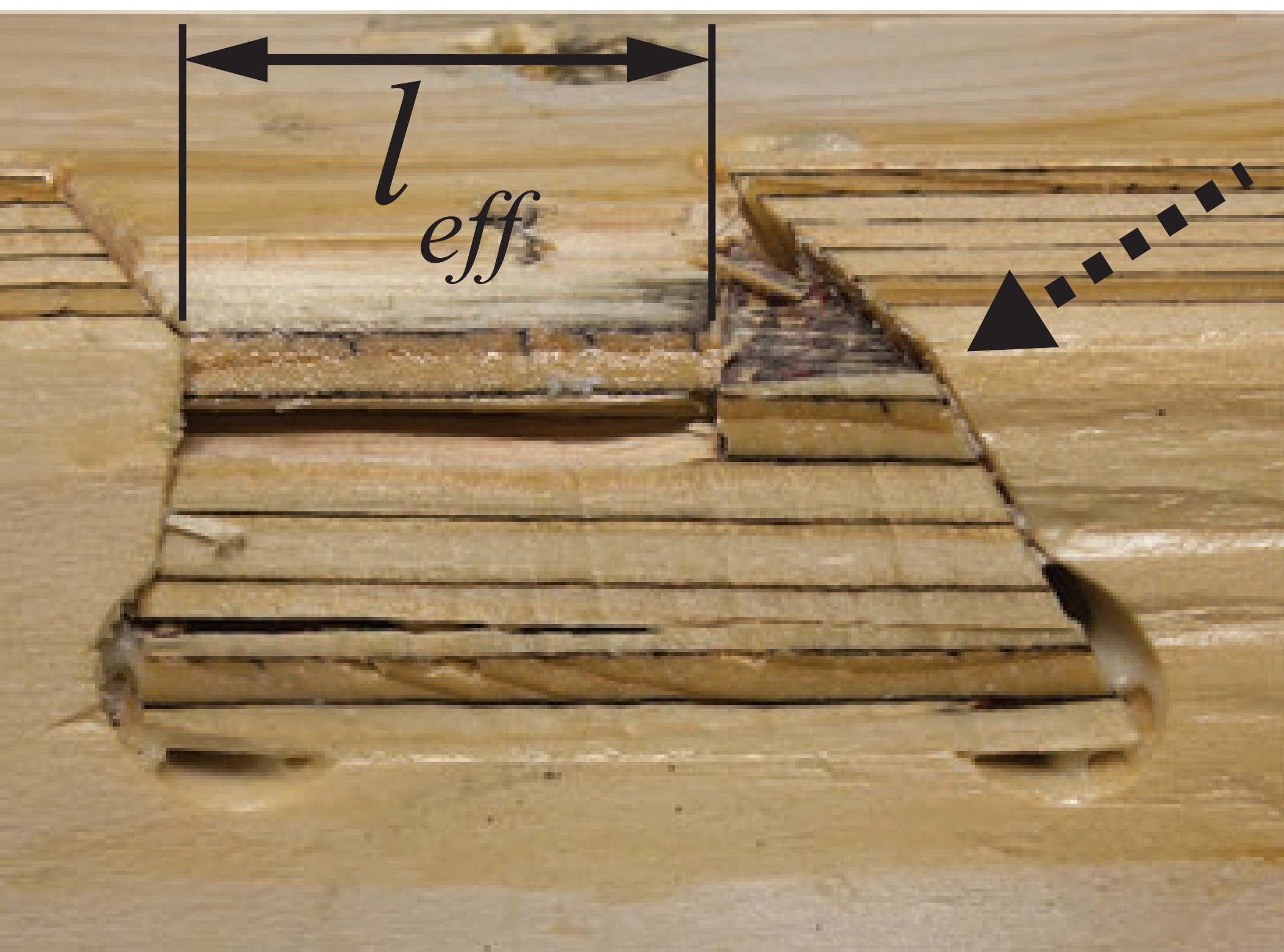
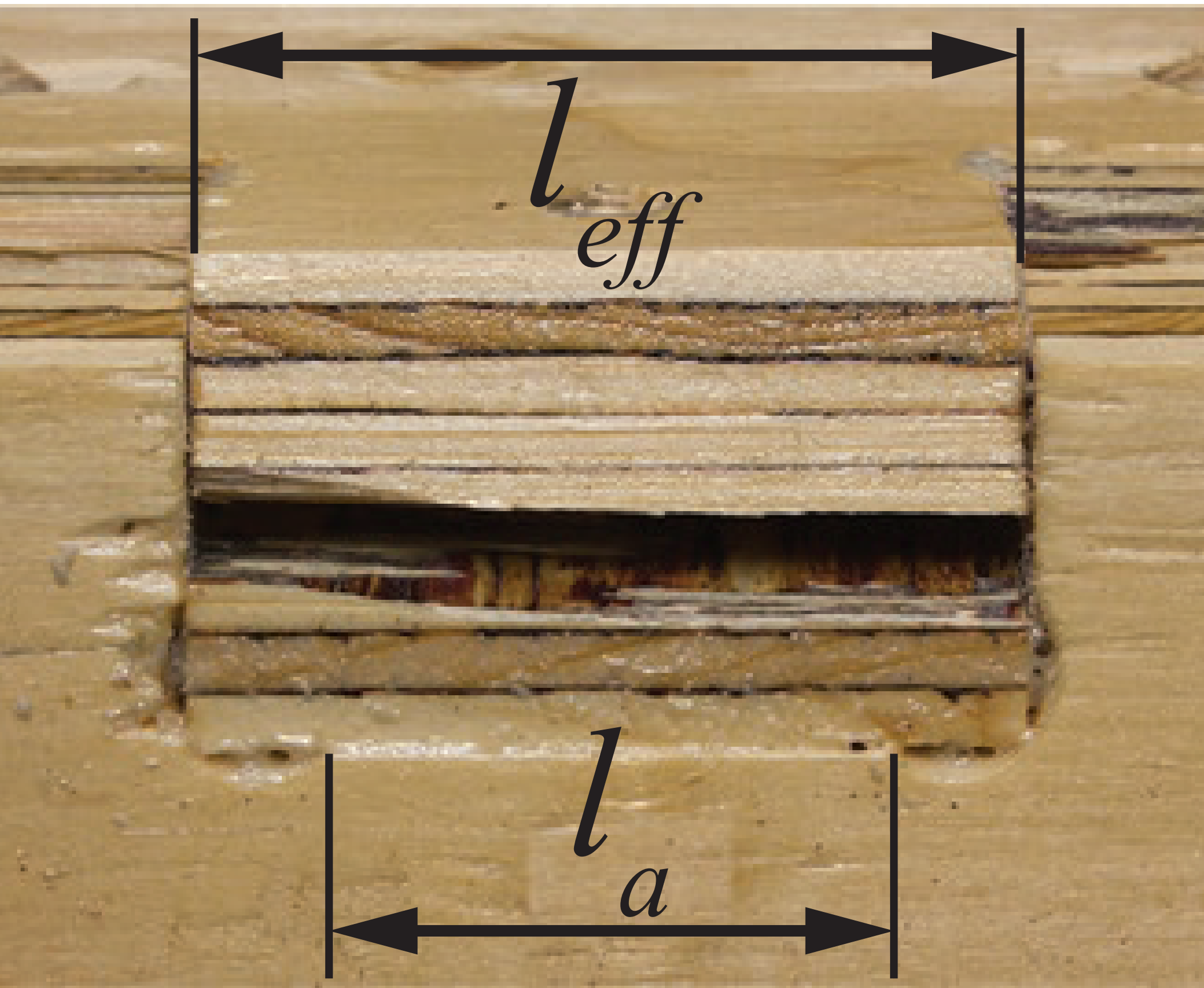
Séquence de tests mesurant l’écrasement du joint sollicité en rotation



Joints à tenons fermés



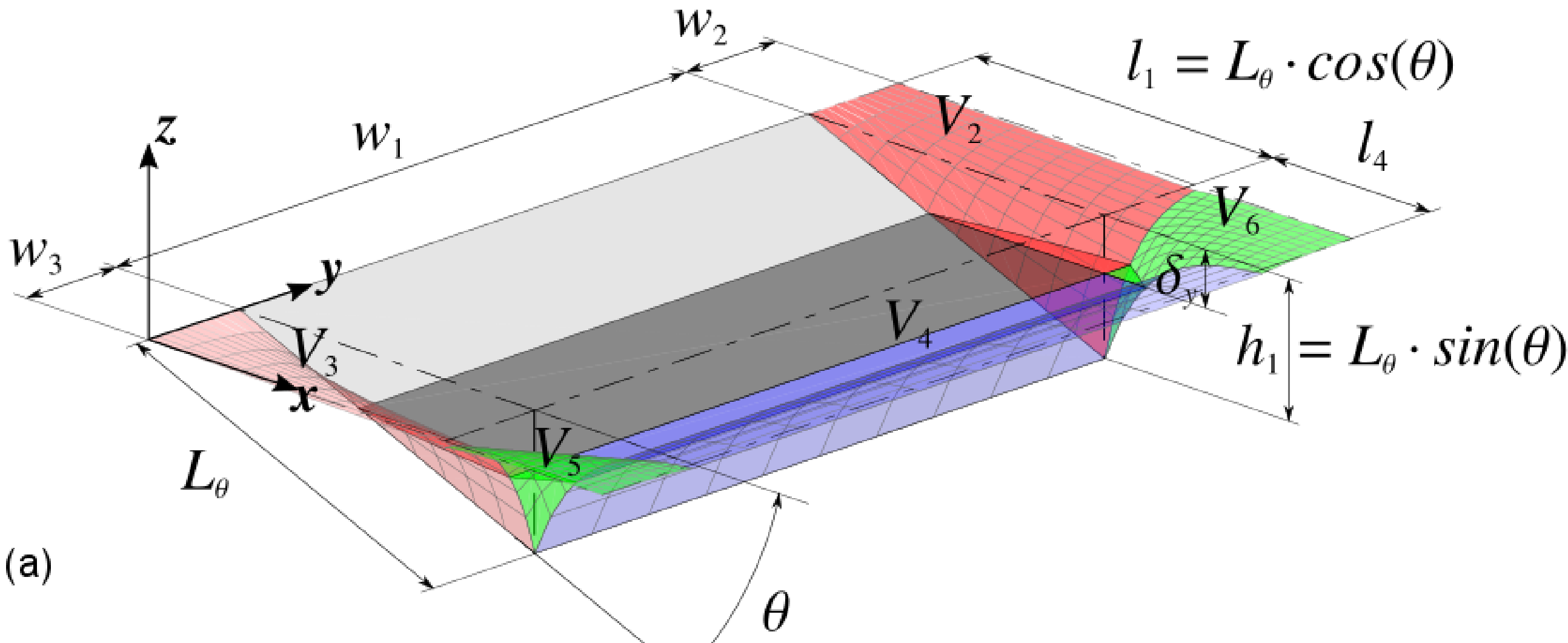
Vue latérale de la géométrie après écrasement permettant de définir le modèle analytique



Observations locales des joints après sollicitations



Joints à tenons ouverts



Vue axonométrique de la géométrie après écrasement permettant de définir le modèle analytique



# STRUCTURES PLISSEES DE TYPE COQUE

La menuiserie automatisée est devenue une technique commune et disponible pour l’assemblage de structures du type poteau/poutre. La disponibilité de ces machines à découpe automatisée a permis de remettre à jour les articulations traditionnelles et intégrales telles que les connexions à la mortaise et aux tenons. Depuis peu, la fabrication automatique de joints d’ébénisterie traditionnels a été introduite pour l’assemblage de structures de type coques réalisées à partir de panneaux en bois.

Récemment, la fabrication automatique de joints d’ébénisterie traditionnels a été introduite pour l’assemblage de structures de coques réalisées à partir de panneaux de bois.

Etant donné que les joints collés ne peuvent pas être exécuté sur chantier de façon suffisamment fiable, nous évitons dorénavant tous collage sur site en proposant l’applications exclusive des joints à tenons non collés. Grâce à leur géométrie à un seul degré de liberté (1DOF), ces joints bloquent le mouvement relatif de deux parties dans toutes les directions sauf une.

## La coque plutôt que l’arc : une double courbe qui optimise la répartition des tensions

Le prototype montré ci est caractérisé par une courbure transversale prédominante mais une courbure longitudinale moins visible a été introduite également. Les tests menés à l’Ibois ont montré que la courbure longitudinale a tendance a à augmenter la rigidité de l’ensemble considérablement en faisant travailler la structure davantage dans l’espace et selon le modèle statique d’une coque plutôt que d’un arc. L’introduction d’une courbure longitudinale augmente sensiblement la complexité géométrique des joints qui, par cette mesure, deviennent tous différents.

Participants: Dr. Christopher Robeller, Andrea Stitic, Prof. Dr. Yves Weinand



Prototype d’une structure plissées en panneaux en bois utilisant des joints à rainures-languettes multiples à un degré de liberté.

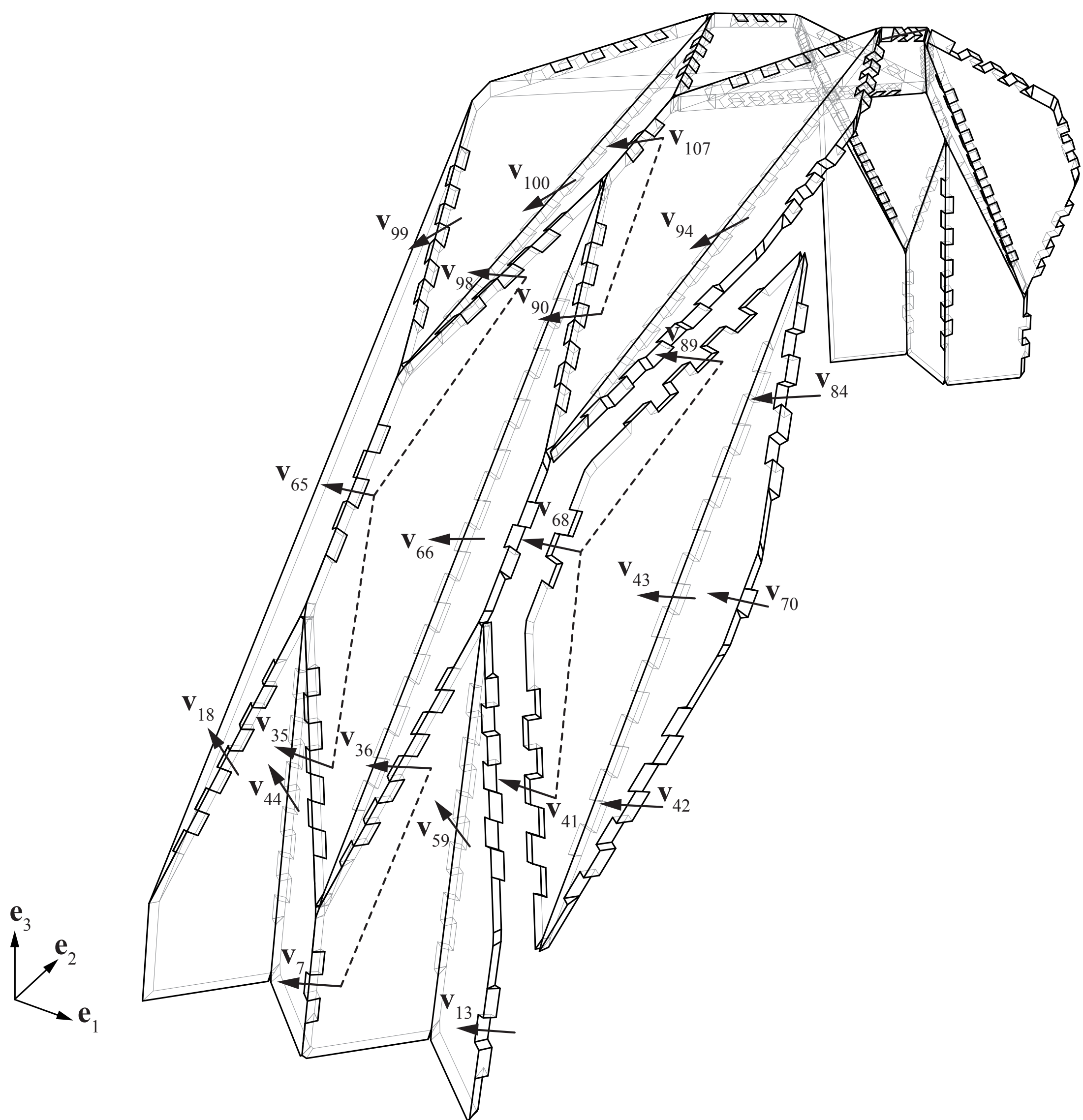
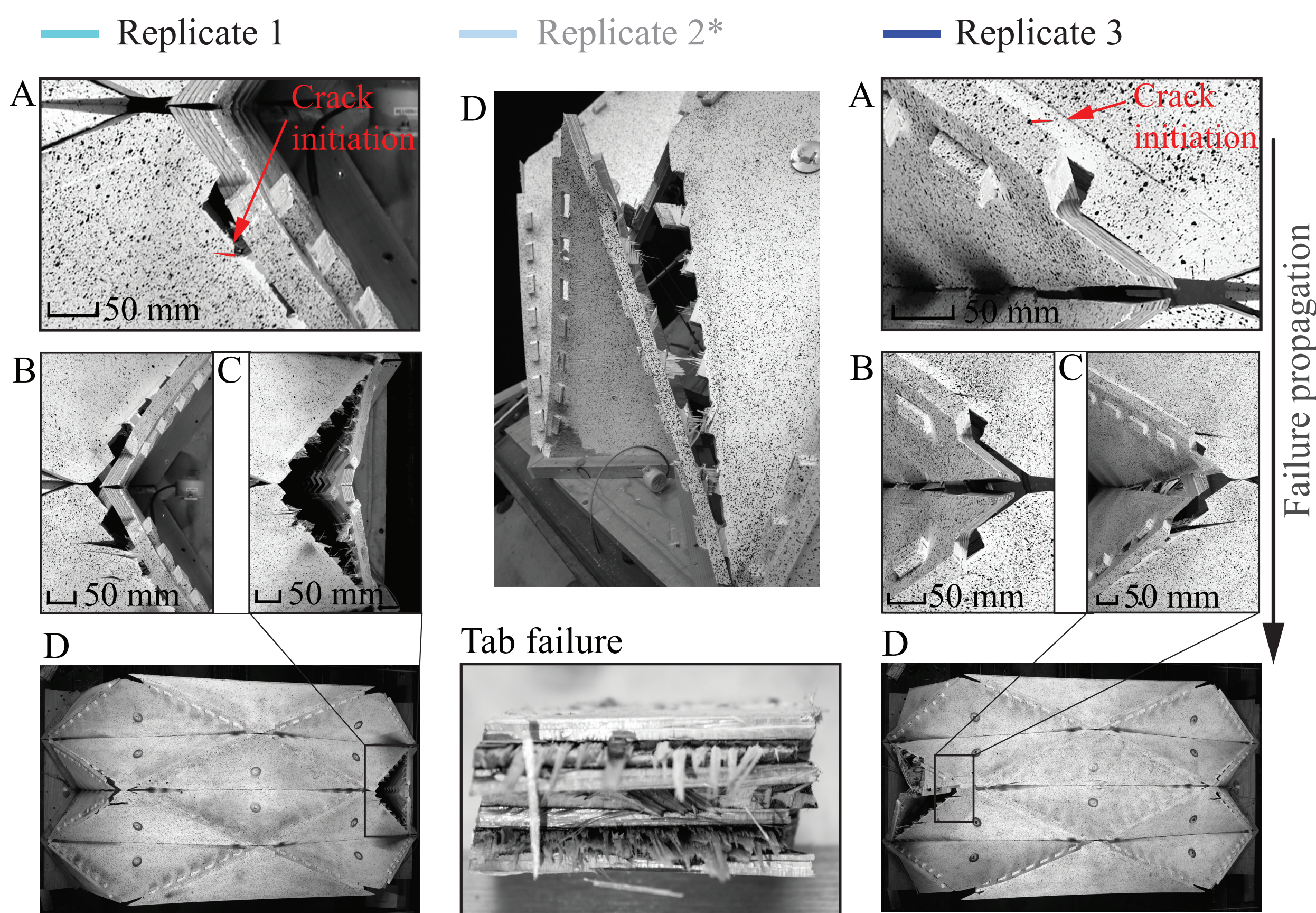


Schéma géométrique d’assemblage à un degré de liberté



\*(typology of failure same as in replicate 1)

Photos du diapositif d’essai d’une coque et mesure de l’ouverture des joints par corrélation d’images digitales.



# STRUCTURES PLISSEES A DOUBLE COUCHE

Les prototypes présentés dans ce projet démontrent la possibilité d'utiliser des joints à tenons double. Ils sont utilisés pour la fixation intégrale et l'espacement des structures à double nappe fabriquées à partir de panneaux en bois stratifié. Grâce à ces joints à tenons pour les panneaux de placage stratifiés, on combine la résistance au cisaillement des tenons avec une résistance élevée aux moments de flexion et à la traction dans le plan.

## Des joints à tenons double appliqués à l'origami

La configuration géométrique de la nappe basée sur le motif Miura-Ori (méthode de pliage d'origami) permet de concevoir des structures de surface plissées à double courbure, conçues pour la fabrication automatisée.

Alors que le motif de Yoshimura est contraint à cibler des surfaces à haute courbure et aboutit à de grandes tailles de plaque, le motif Miura-Ori peut également être appliqué sur des surfaces à faible courbure. Cependant, l'élévation verticale des sommets dans le Miura-Ori entraîne également certains inconvénients structurels.

Participants: Dr. Christopher Robeller, Prof. Dr. Yves Wein-

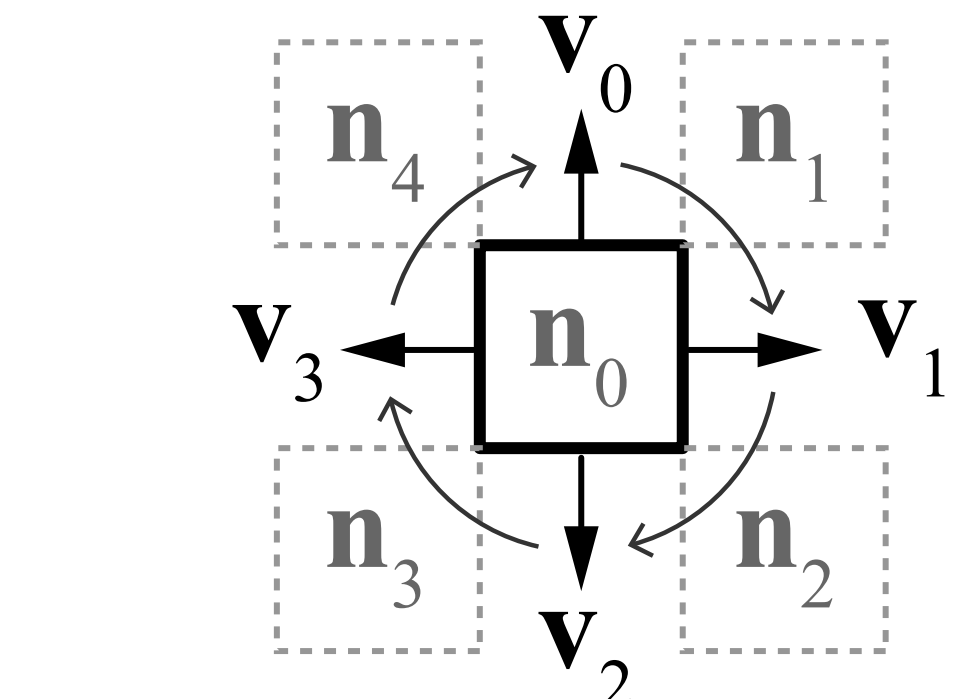
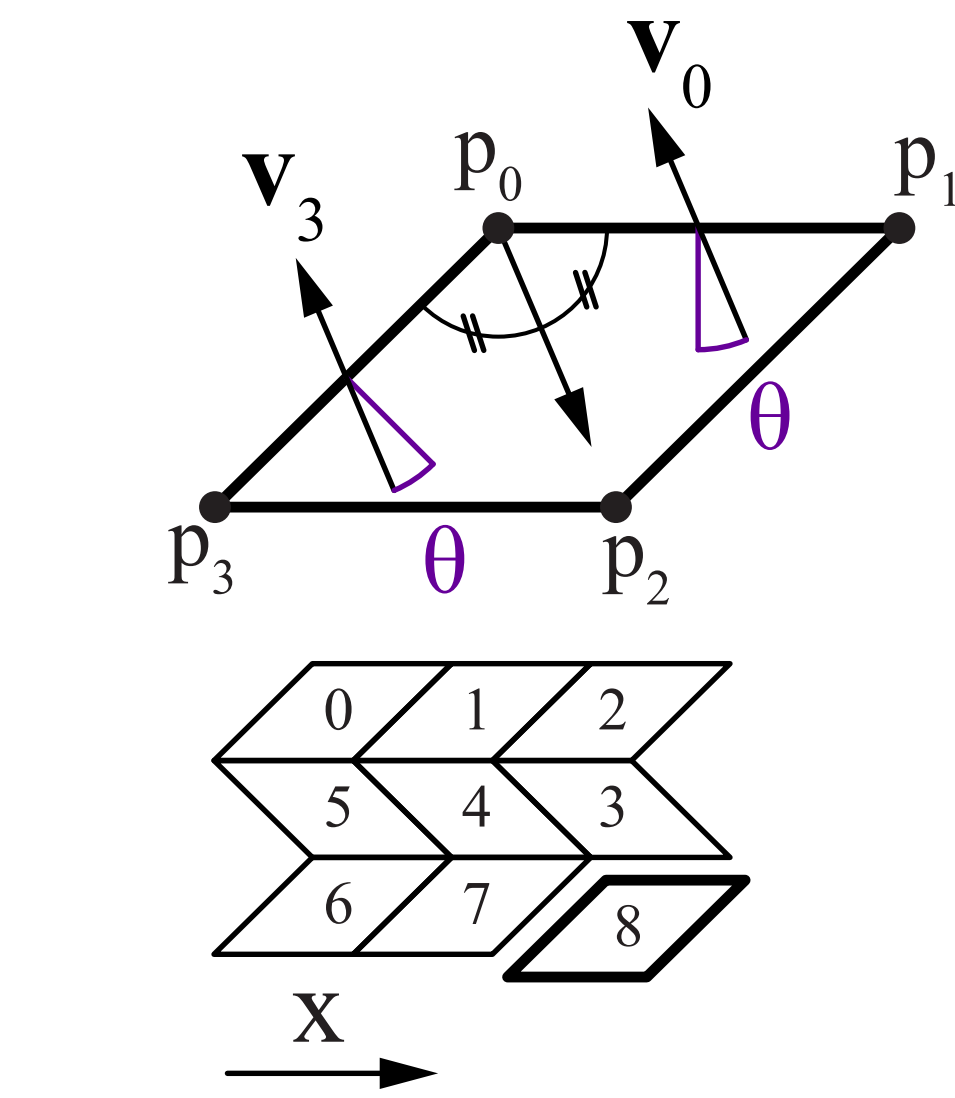


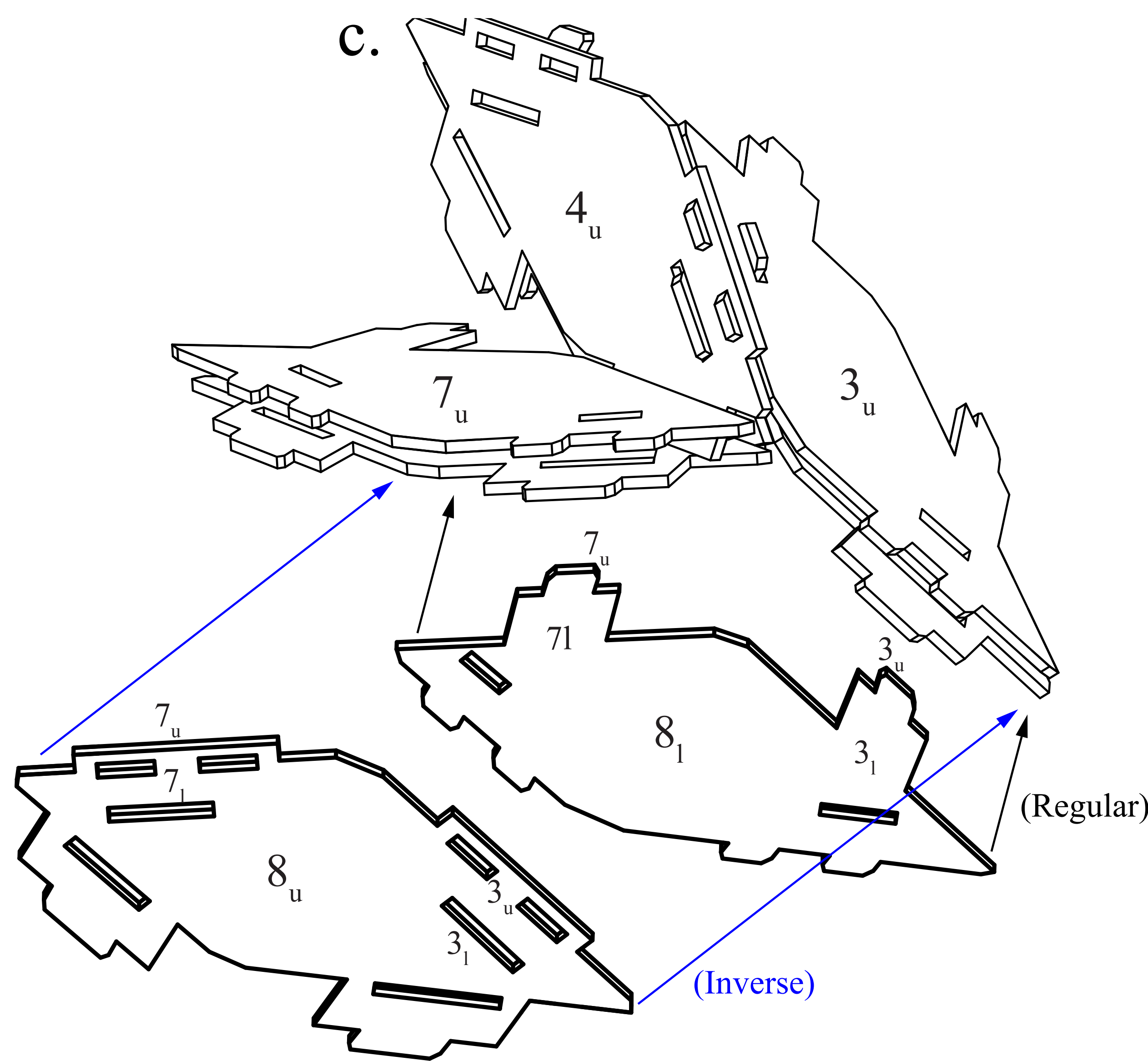
Diagramme précisant les vecteurs de translation activés pour l'assemblage



Projection en plan du principe d'assemblage présentant le vecteur de translation unique dans la géométrie réelle de l'assemblage



Structure plissée à double nappe mettant en œuvre le pli Miura Ori



Vue axonométrique du système à double nappe

### 2-layer Assembly

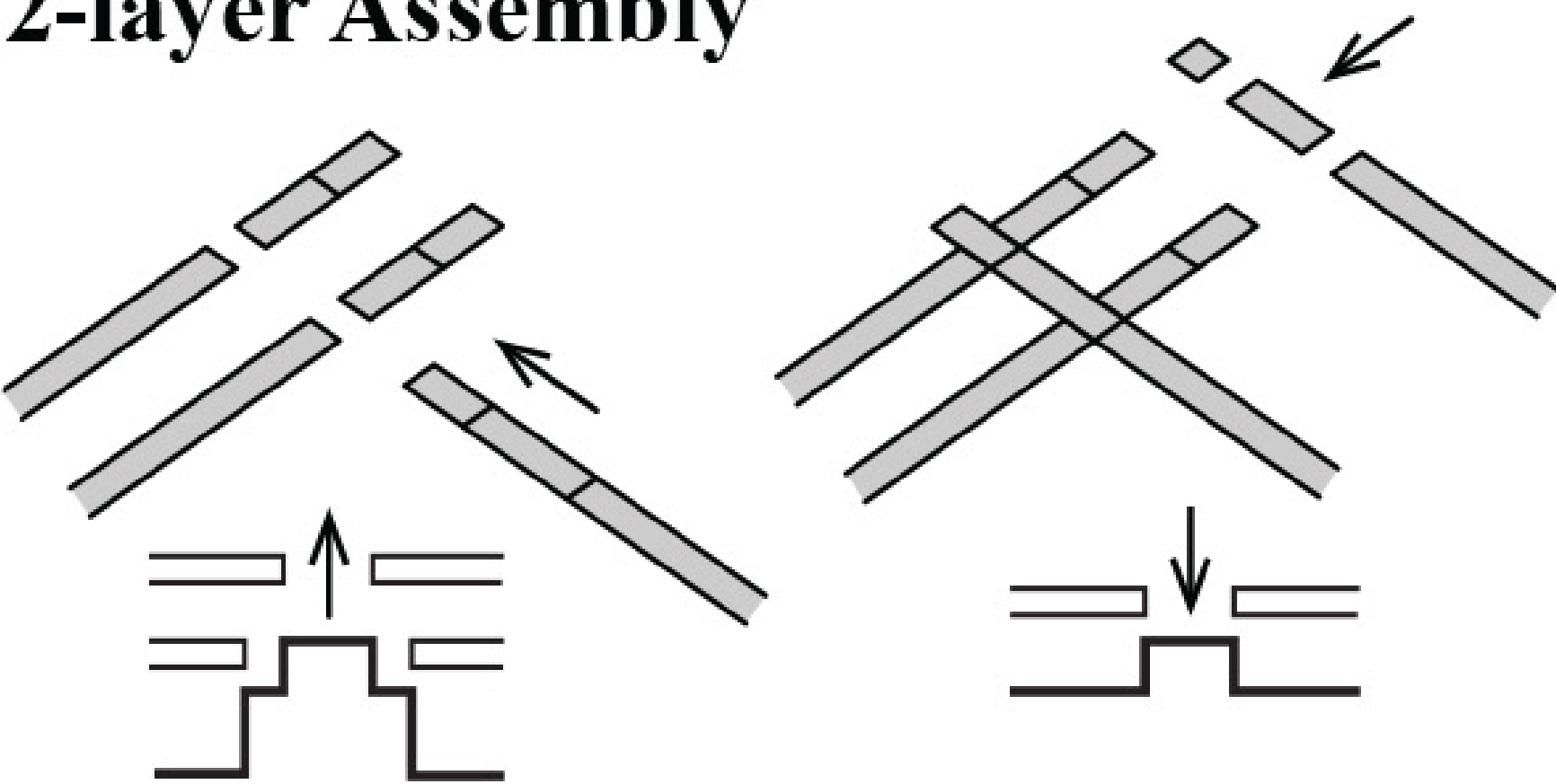
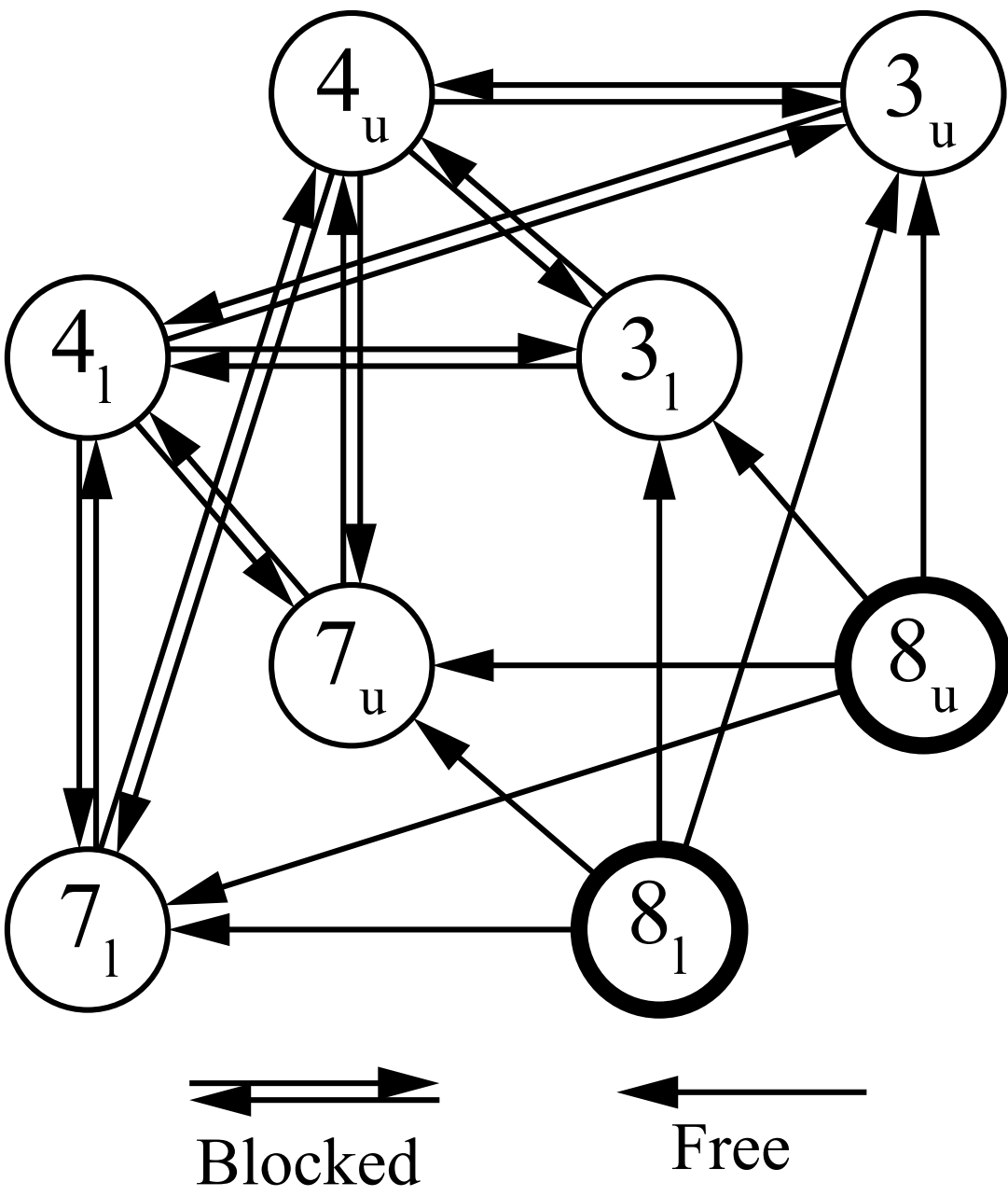


Illustration en coupe du principe d'une structure collaborante à double nappe avec interpénétration des deux couches



Vue axonométrique du chemin d'assemblage



# COQUE A DOU- BLE COURBU- RE ET DOUBLE NAPPE

Cette recherche présente une nouvelle méthode de construction d’une structure portante légère pour les coques à double courbure, construite à partir de deux couches interconnectées de panneaux en bois stratifiés.

## Un assem- blage rapide, précis et simple

Le système nécessite la mise en œuvre de joints transversaux intégrés pour un assemblage rapide, précis et simple. Ainsi la construction d’une série de coque en forme différente est rendu possible sans moule coûteux et sans structure de support onéreuse.

Les joints inclinés coupés à l’aide d’une fraiseuse CNC à 5 axes définissent l’emplacement correct et l’angle entre les panneaux . Ce dispositif limite les mouvements relatifs entre les parties jointes selon un chemin préfini des séquences d’assemblage. Pour profiter des avantages de ces connecteurs, le chemin d’assemblage contraint doit être pris en compte dans la conception fondamentale du système, ce qui permet l’insertion de chaque panneau selon un ordre préétabli et à un moment séquentiel unique. Cela impose des contraintes supplémentaires dans le processus de segmentation des coques à double courbe.

Participants: Dr. Christopher Robeller, Anh Chi Nguyen, Aryan Rezaei Rad, Prof. Dr. Yves Weinand.

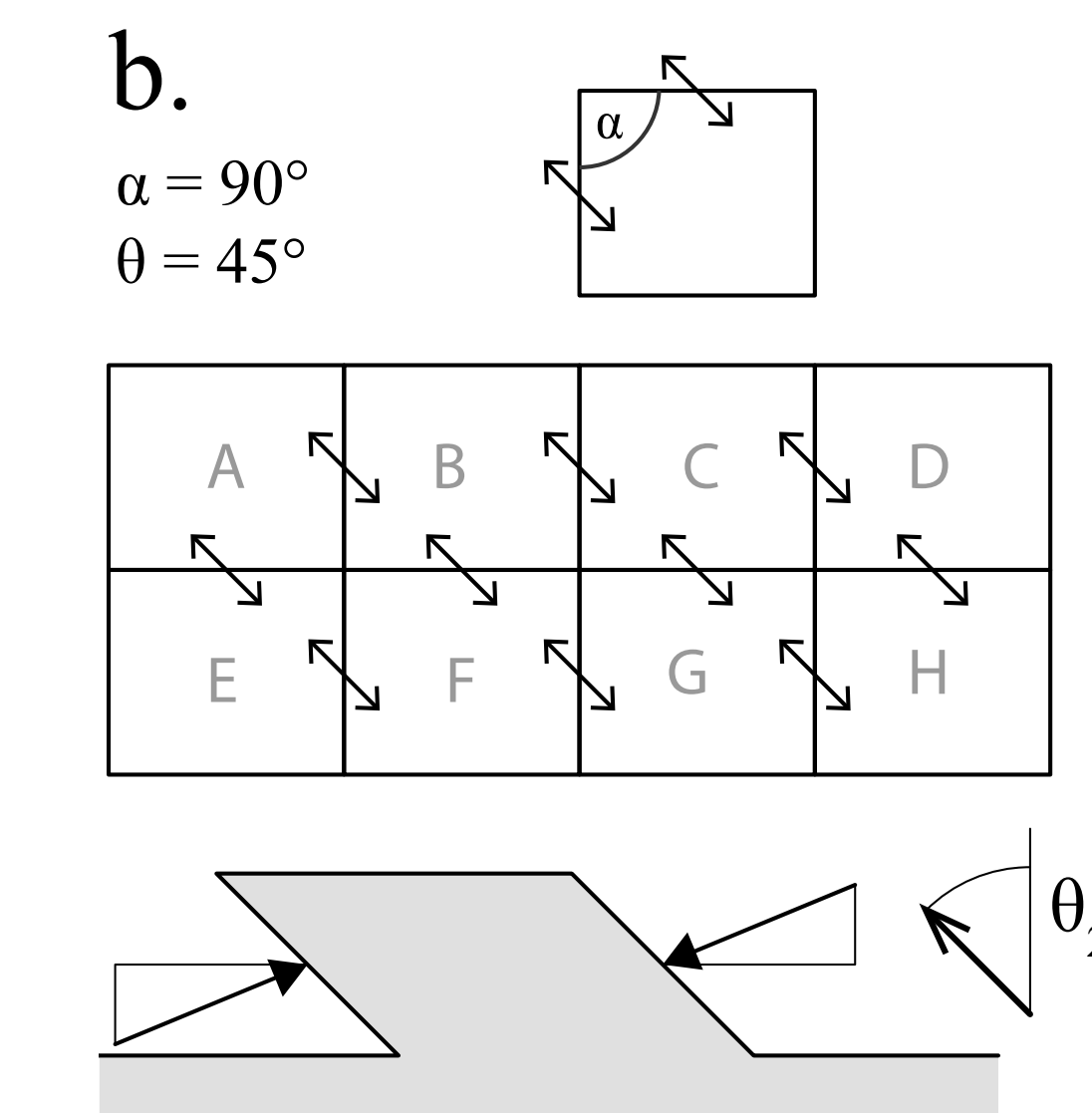
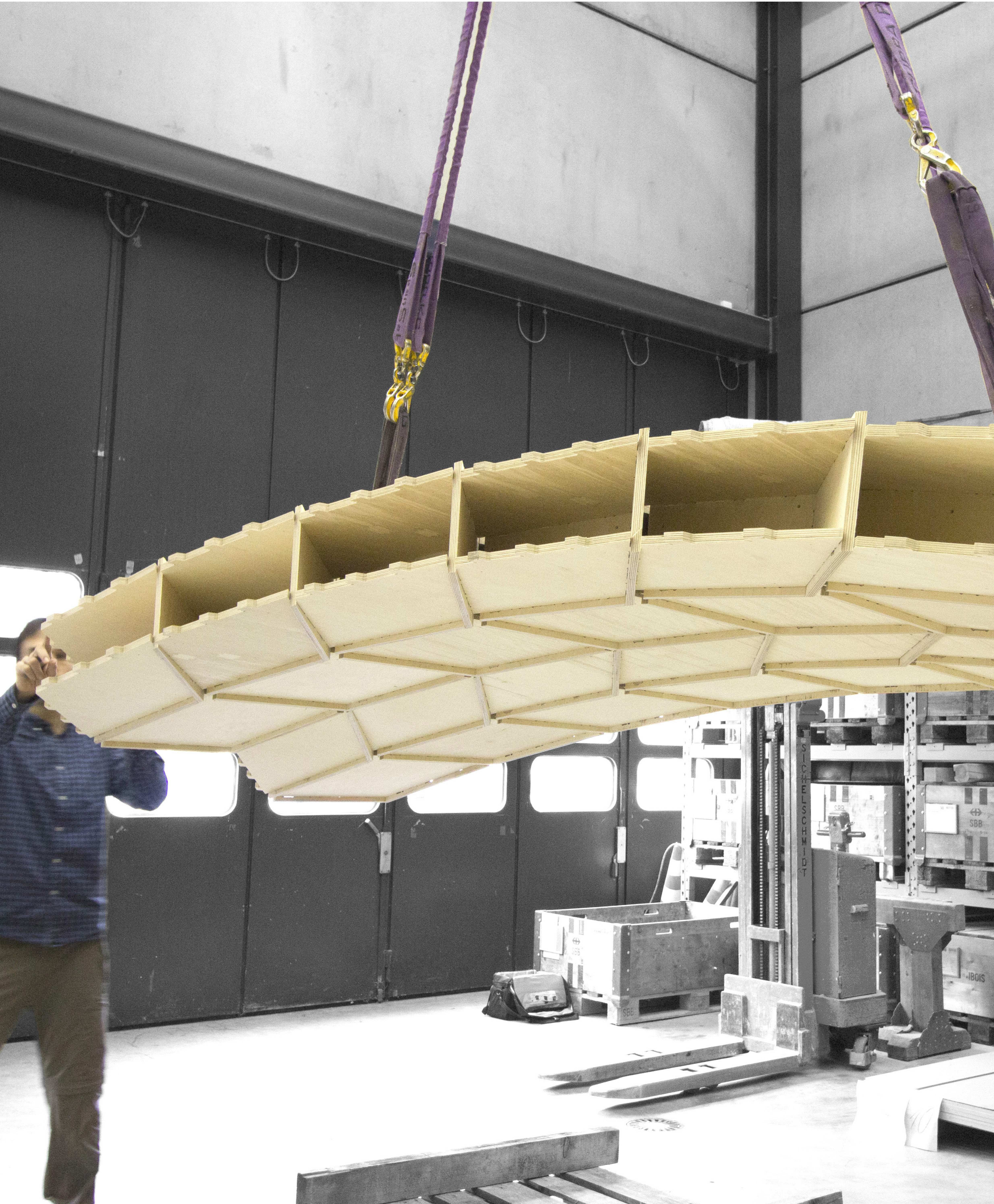
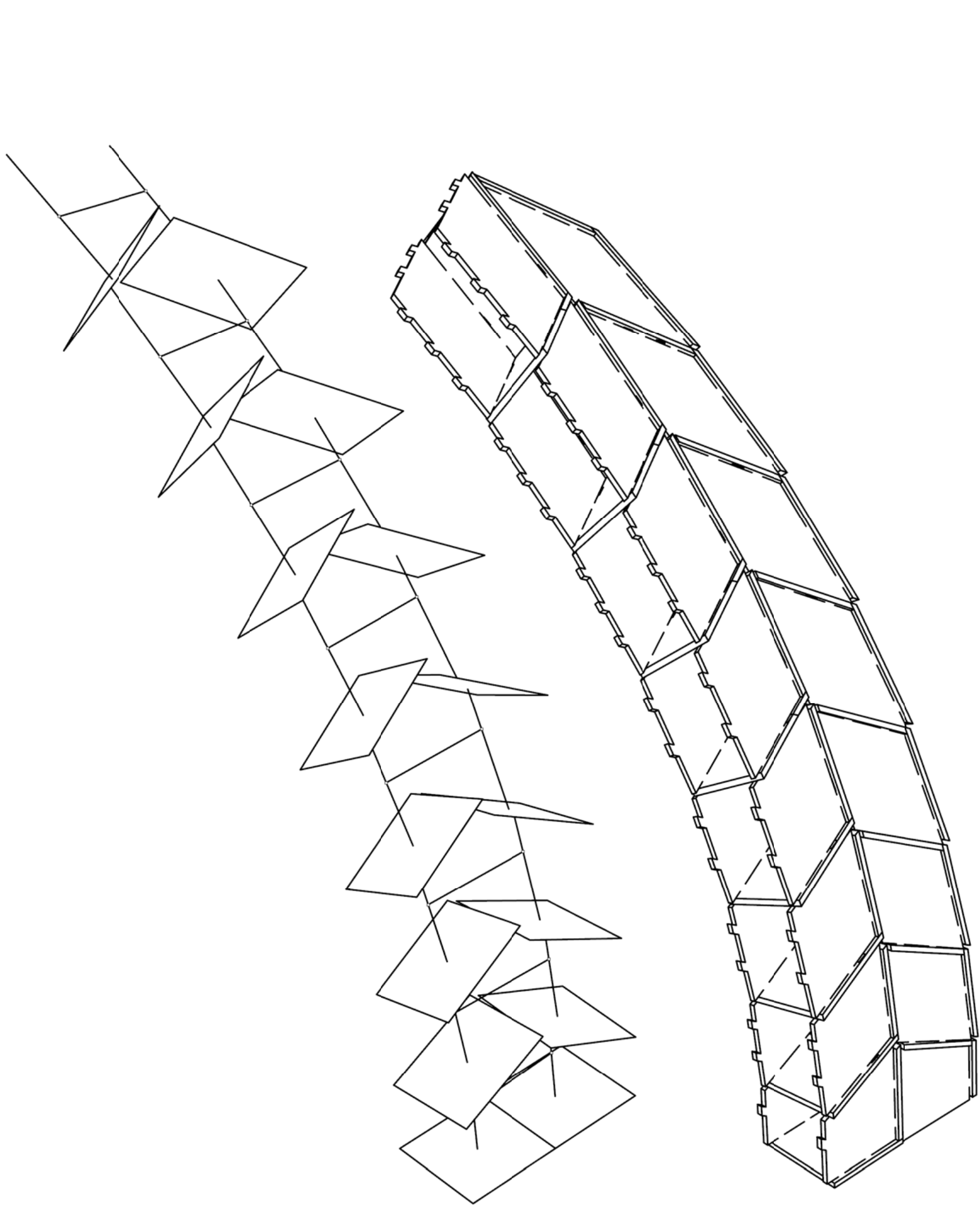


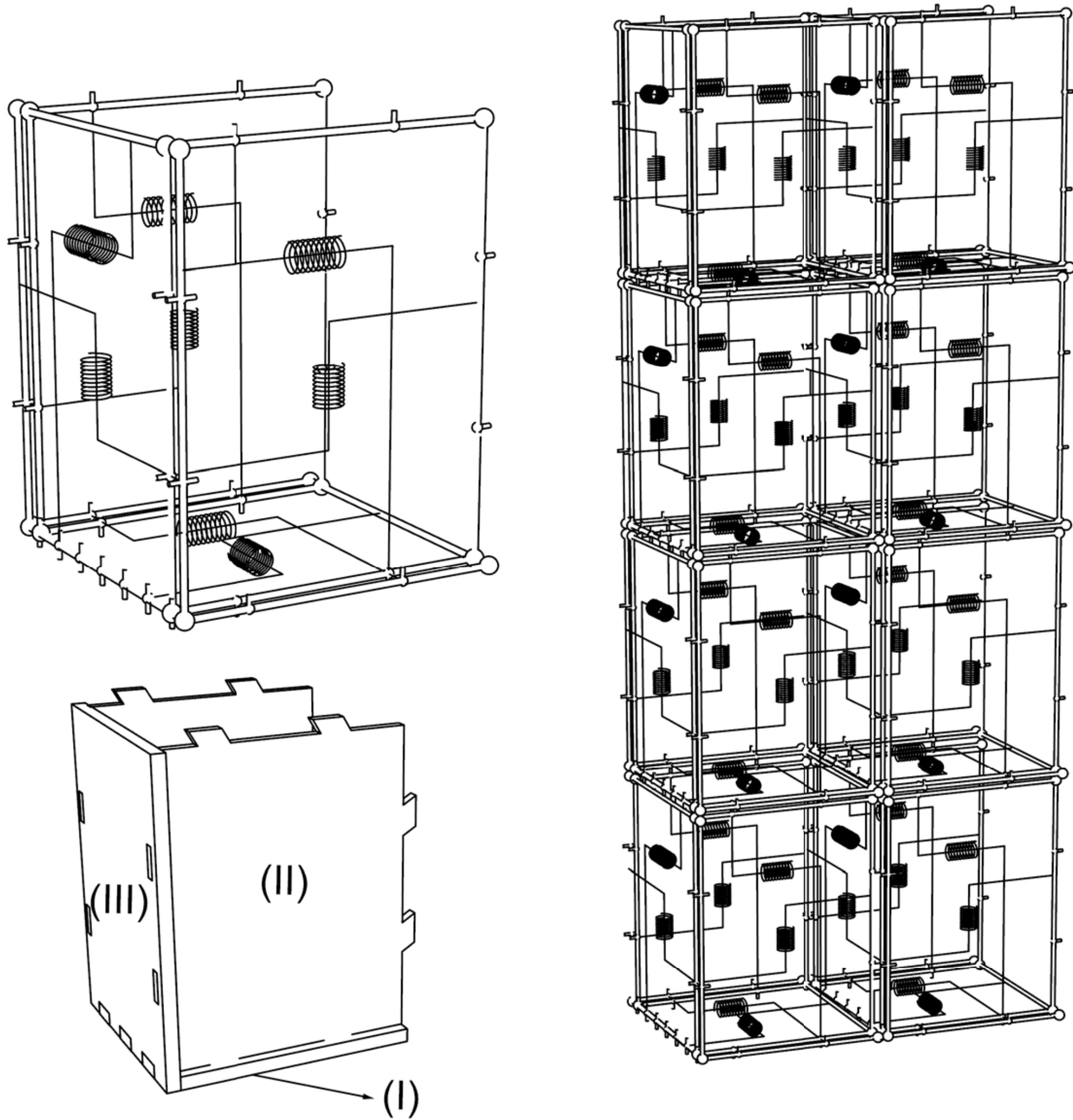
Illustration de plusieurs chemins d’assemblages et des géométries correspondantes des formes des dents.



Coque à double courbure et double nappe



Macro-modèle mécanique empilé synthétisant les caractéristiques locales de chaque panneau et de chaque arrête.



Visualisation des ressorts et rigidités dont tient compte le macro modèle le long de chaque arrête de chaque caisson



# PROJET ANNEN

Cette méthode de construction trouvera une première appli-cation mondiale dans la réali-sation d’un bâtiment constitué d’arches à double courbure. Ces arches vont être entière-ment préfabriquées par l’appli-cation d’une nouvelle méthode de construction d’une coque à double nappe et à double courbure. Dans ce cas, des élé-ments discrets, - des caissons construits à partir de panneaux stratifiés en bois de hêtre-, for-ment la peau structurelle du bâtiment. Cette peau est consti-tuée de 23 arches toutes dif-férentes ayant une portée qui évolue de 32m à 52m.

## Une nouvelle méthode de construction d’une coque à double nappe et à double courbure

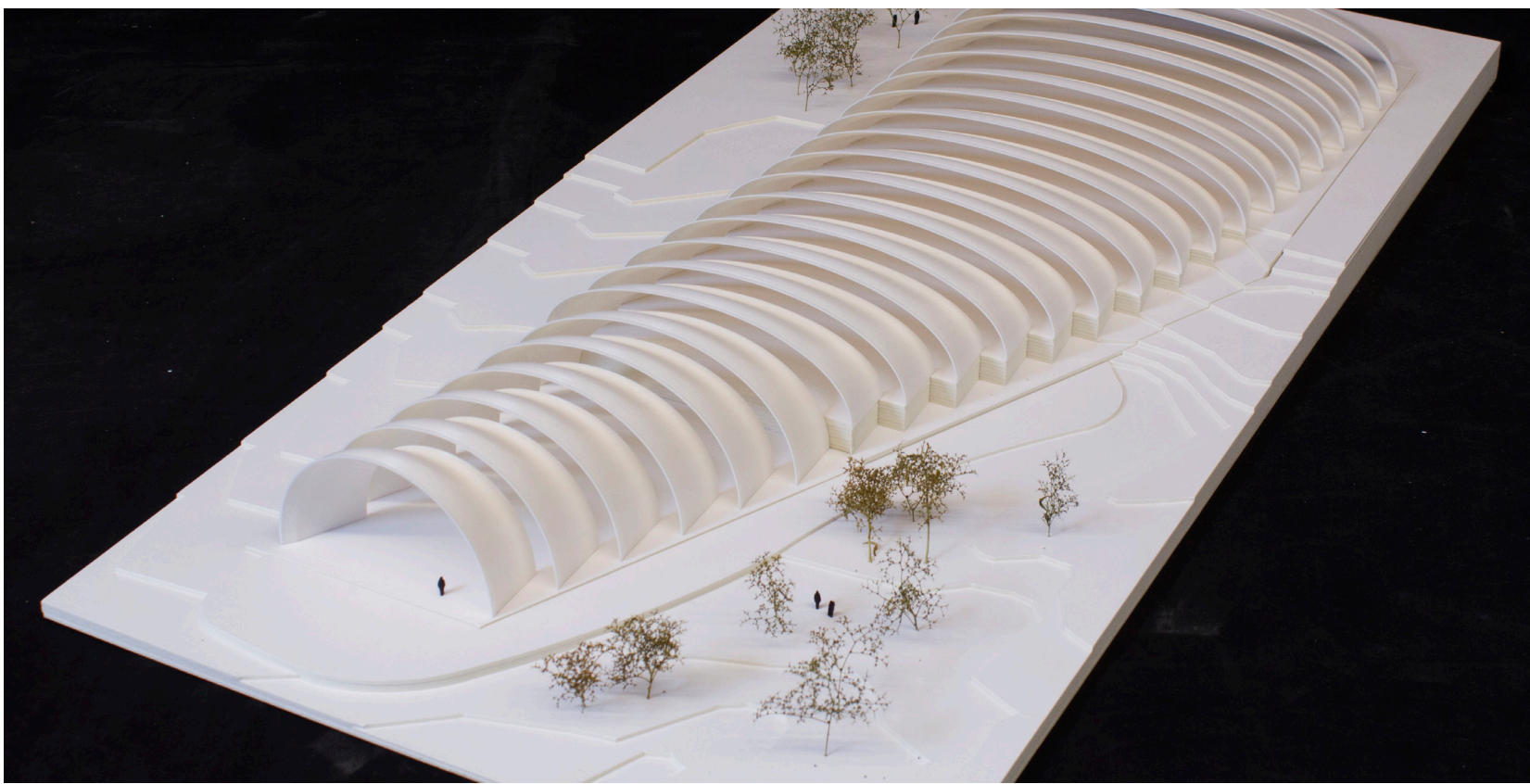
Un seul modèle paramétrique décrit la géométrie de l’ensem-ble du bâtiment qui comprend également le descriptif détaillé de chaque dent le long de cha-que arrête de chaque caisson. Cette maquette numérique per-met aussi bien l’exportation des plans de l’architecte que ceux de l’ingénieur civil inclu-ant les détails précis de chaque appui et connexion de cette mégastructure. En outre, cette même maquette numérique permet l’exporta-tion des données de fabrika-tion à insérer dans l’espace de la machine de découpe à com-mande numérique. La modélisation mécanique est facilitée à son tour par l’ex-portation d’un jeu de données géométriques simplifiés qui permet de modéliser les res-sorts et rigidités sur l’ensemble de la structure et individuel-lement. Ces ressorts tiennent compte du type de connexions utilisés et du nombre de de-gré de liberté activé sur chaque connexion à tenon.

Participants: Dr. Christopher Robeller, Anh Chi Nguyen, Ary-an Rezaei Rad, Prof. Dr. Yves Weinand.

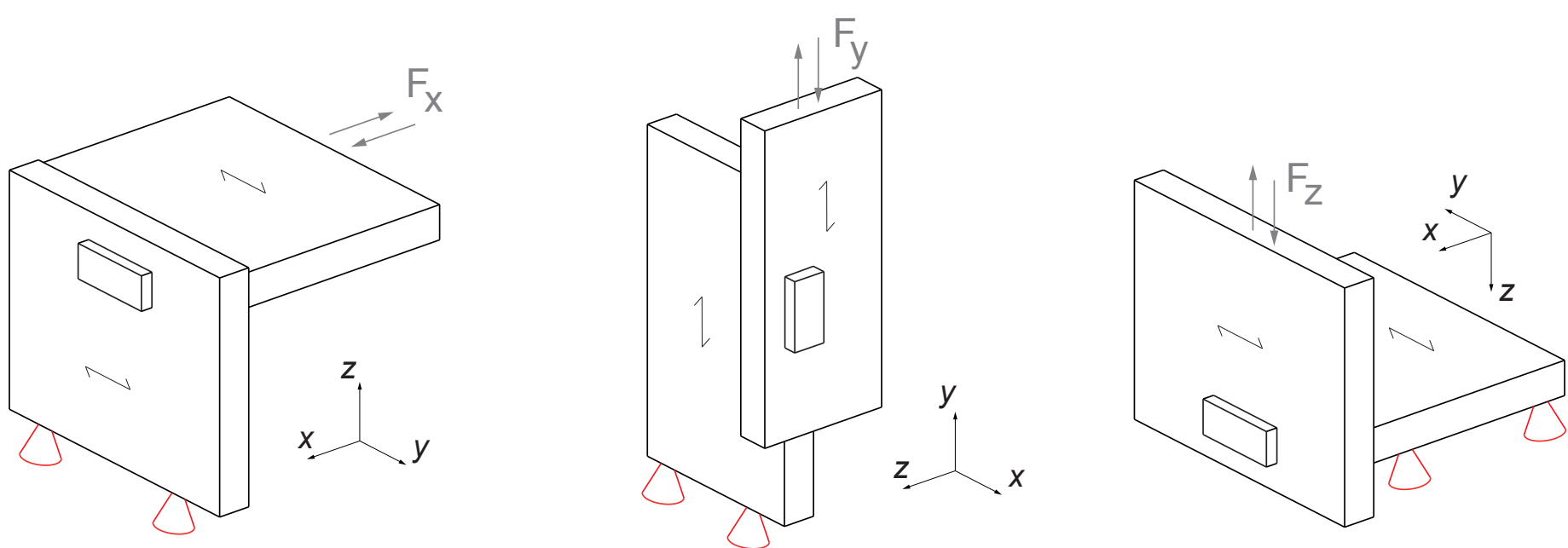
Partenaire industriel : Annen SA.



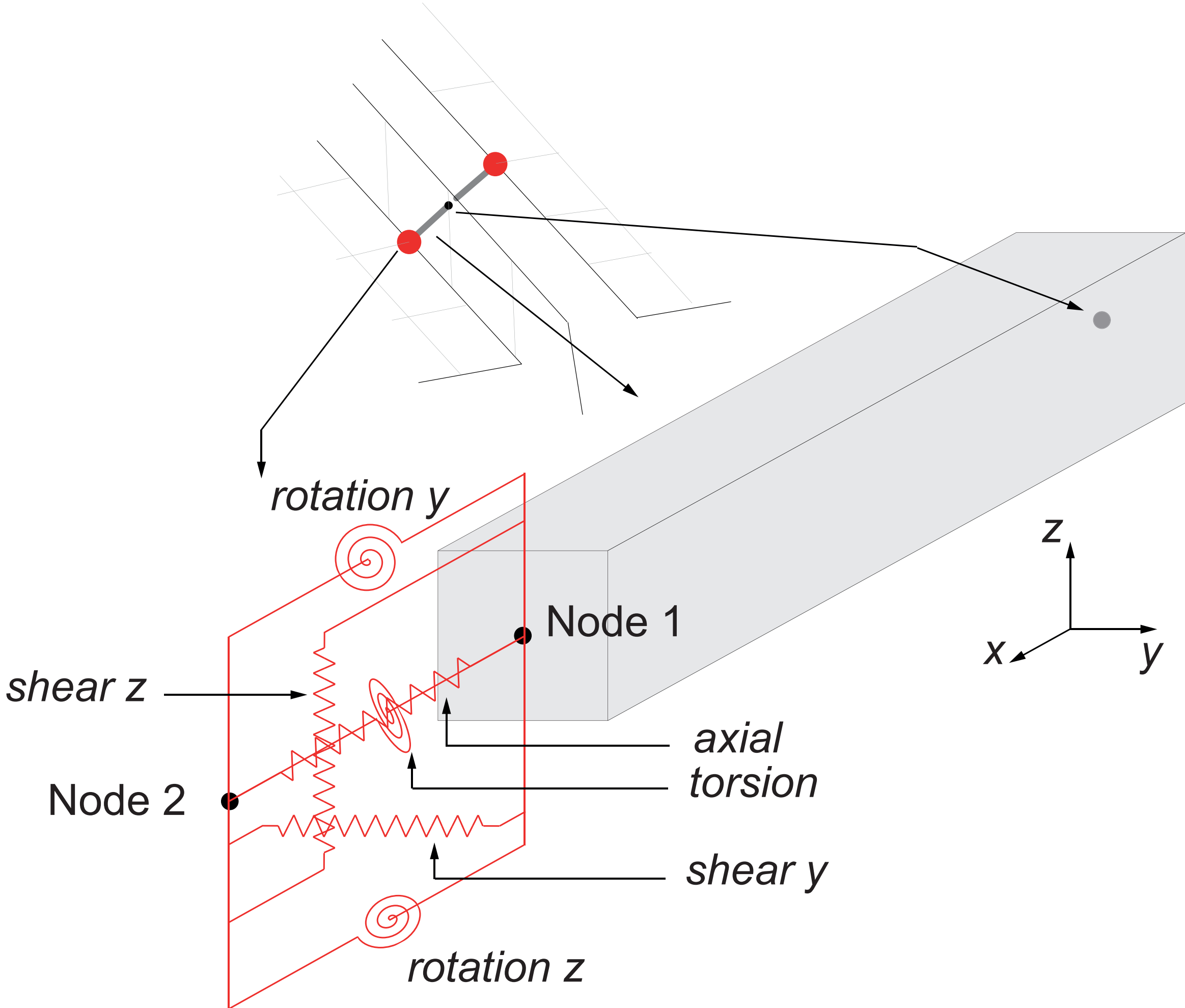
Prototype d’une voûte du projet de Annen à échelle 1/2.



Vue de la maquette du projet



Chargement selon deux directions des différents type de connexions



Modélisation par elements finis de l’ensemble de la structure. Vue détaillé d’un nœud.



# PAVILLON EN BOIS DU THE- ATRE VIDY- LAUSANNE

Ce projet est la première réalisation d’une structure surfacique plissée à double nappe réalisée à l’aide de panneaux en bois 3-plis et 5-plis entièrement connectés entre eux à l’aide de connexions bois-bois. L’enveloppe couvre une surface d’environ 30m sur 20m atteignant une hauteur maximale de 10.40m . Il s’agit d’une enveloppe à plis anti-prismique. Afin de conférer une plus grande autonomie formelle à ce pavillon une courbure a été introduite en plan, en coupe transversale et – c’est la plus difficile – en coupe longitudinale. Un seul modèle paramétrique régit l’ensemble des opérations, que cela soit la visualisation de la forme d’ensemble, l’impression de maquettes physiques en 3D, l’exportation des fichiers servant au calcul mécanique, l’impression des plans de d’architecture et de stabilité ou encore l’exportation des données de fabrication.

## Un seul modèle paramétrique pour l’ensem- ble des opéra- tions.

Le transfert technologique s’est opéré à plusieurs niveaux : Tout d’abord, il a fallu tester des panneaux en bois suisse de type 3plis et 5plis afin de définir leur caractérisation mécanique. Par la suite, il a fallu évaluer le comportement du panneau choisi lorsque celui-ci est sollicité dans une connections à tenons à la flexion et ceci aussi bien dans une structure à une seule nappe et une structure à double nappe. Enfin, pour une question de logistique de montage différente pour le montage des parois d’une part et des éléments de la toiture d’autre part, il a fallu inventer un assemblage type particulier à la jonction entre eux-ci.

Participants: Dr. Christopher Robeller, Julien Gamero, Prof. Dr. Yves Weinand.

Partenaire industriel : Blumer-Lehmann SA. Schilliger Holz SA.



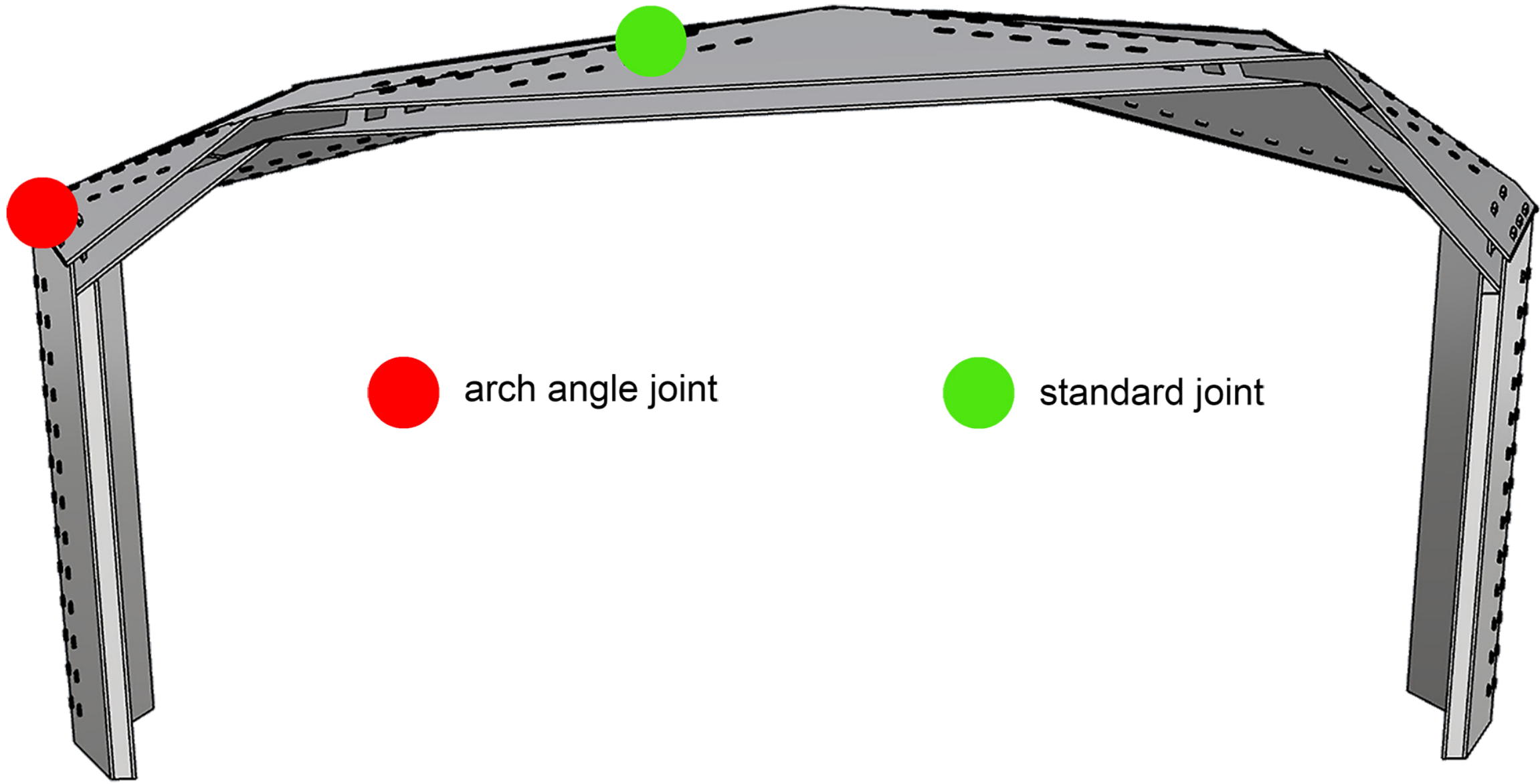
Spécimen pour des tests à double couche



Echantillon des panneaux en bois investis : tri-ply, cinq-ply et stratifié.



Mode de rupture du tenon lors d’un essai d’un panneau tri-ply dans une connexion à simple couche



Détail à l’angle et détail courant le long d’une arrête

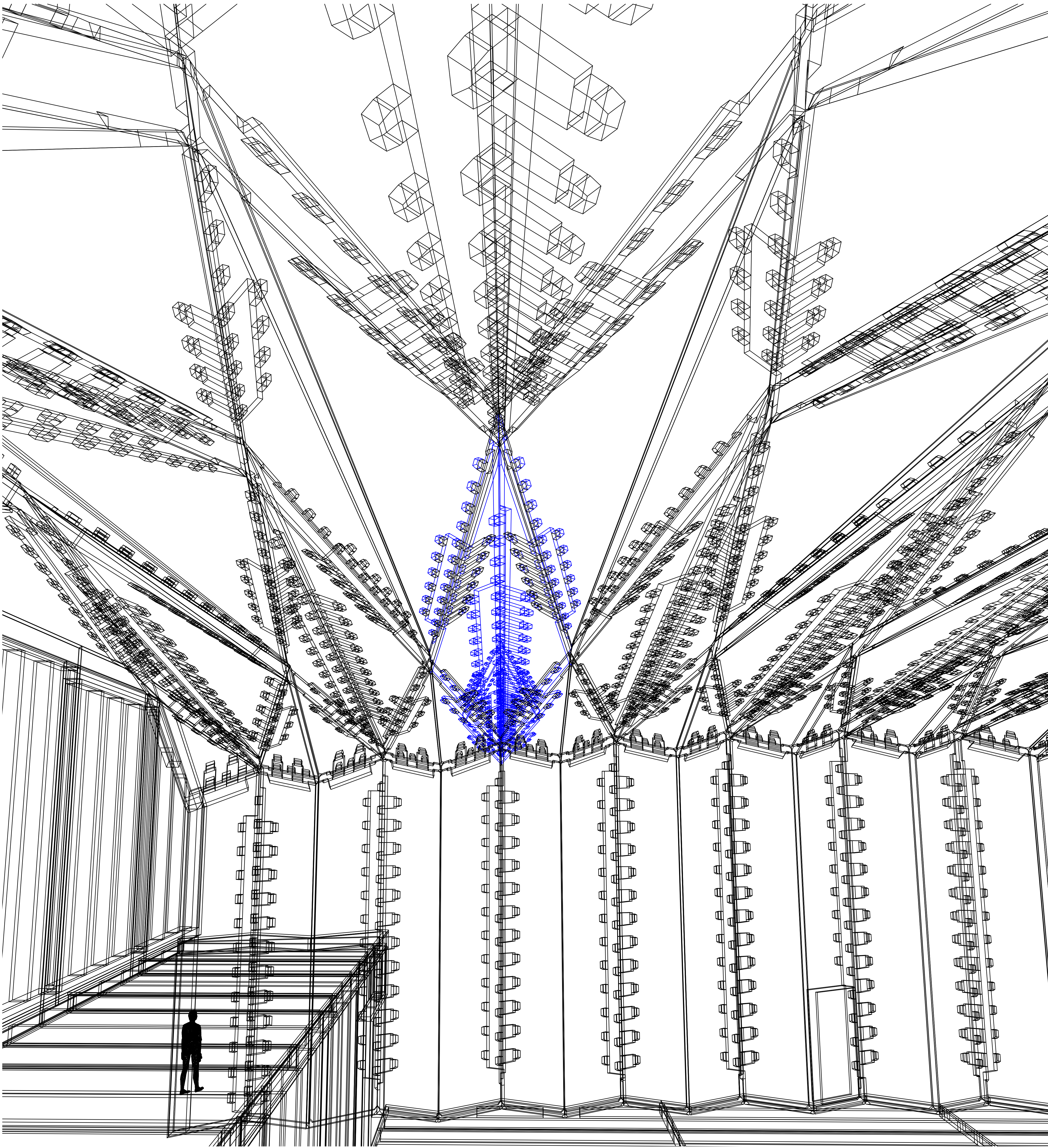


# PROTOTYPE D'UN COM- POSANT DE LA TOITURE DU PAVILLON

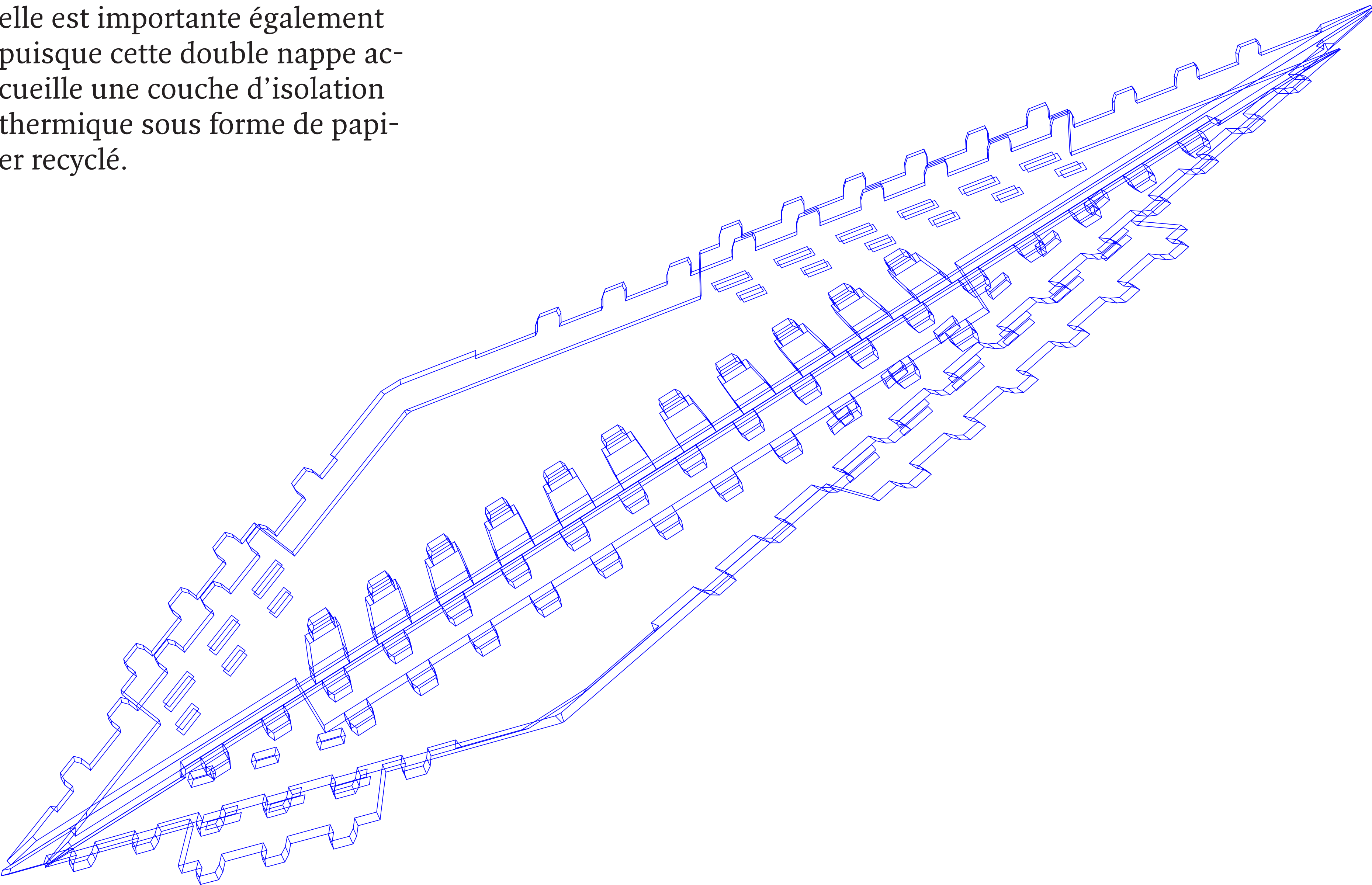
Le projet du pavillon du Théâtre Vidy-Lausanne montre comment la technologie de production automatisée – déjà largement présente dans les entreprises bois – peut être utilisée pour des nouvelles solutions en technique d'assemblage. Les connexions intégrés bois-bois permettent non seulement de transmettre des efforts entre les composants, mais elles servent également d'aide ou de guide lors de leur jonction.

## La double nappe permet à la fois sta- bilité et isola- tion

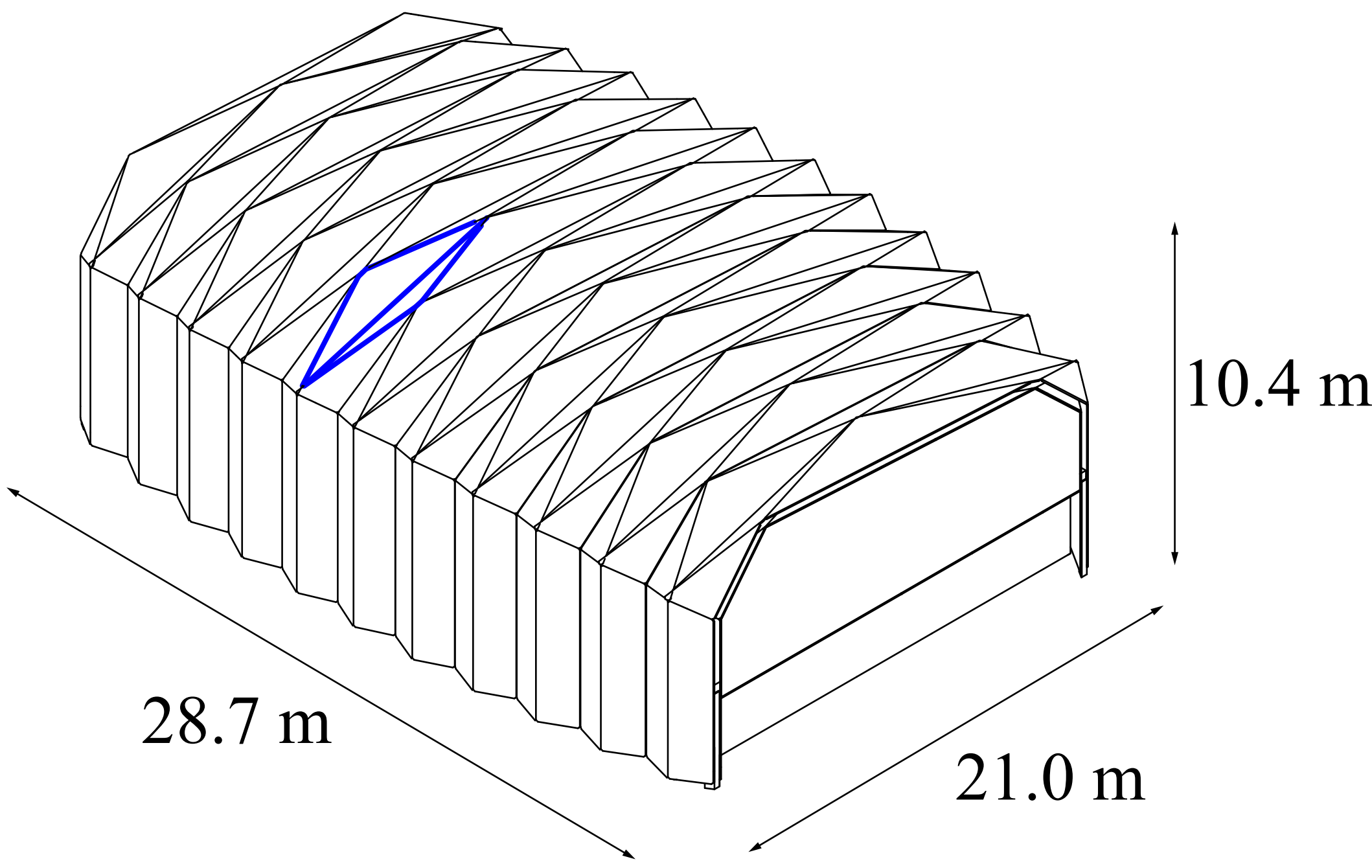
Ce système permet une addition simple, rapide et précise des éléments, même en présence de multiples formes de plans et de facettes. Ici, la composition en double nappe d'une structure plissée est importante puisqu'elle permet de créer une hauteur statique. D'un point de vue énergétique elle est importante également puisque cette double nappe accueille une couche d'isolation thermique sous forme de papier recyclé.



Perspective intérieure du pavillon



Vue axonométrique d'un composant de la toiture du pavillon



Vue axonométrique du pavillon



Photo d'une séquence de montage