





# ARCHITECTURE EN MOUVEMENT

ÉNONCÉ  
THÉORIQUE

CÉLIEN MARVIN  
MALARD JOHN

Je tiens à remercier les professeurs Bernard Cache et Emmanuel Rey, ainsi que les membres du CNPA et mon maître EPFL Mathias Depierraz pour l'aide qu'ils ont pu m'apporter dans l'élaboration de cet énoncé théorique.

INTRODUCTION	6
PRÉFABRICATION ET PRODUCTION INDUSTRIELLE	10
MODULARITÉ, DÉFINITION D'UN SYSTÈME	20
MODULI 225	24
À L'ÂGE DE LA MANUFACTURE NUMÉRIQUE	66
CONCLUSION	80
UN PROJET	84

# INTRODUCTION

Dans une perspective très générale, j'avais initialement choisi de développer mon énoncé en cherchant à aborder les principes d'une architecture flexible. Avec le désir d'approcher une architecture qui le soit aussi bien dans sa conception que dans sa construction.

Afin de l'appliquer à un cas plus précis et en vue de développer un projet par la suite, j'ai fait le choix de focaliser mes recherches sur les solutions pratiques mises en œuvre dans le domaine de la préfabrication modulaire. Le préfabriqué est une manière simple, écologique, rapide et efficiente de construire et la modularité un point de réflexion dans l'élaboration d'une architecture pratique et adaptable. De ce fait, préfabriqué et modularité sont deux concepts qui, une fois mis ensemble, permettent d'atteindre une grande flexibilité architecturale.

L'énoncé théorique sera donc l'occasion de chercher à comprendre quels peuvent être les questionnements majeurs qui surviennent dans l'exercice de cette pratique. En m'intéressant à l'architecture préfabriquée et la pensée systémique modulaire, je tente d'aborder les questions autour de la construction en kit et les techniques industrielles qui le permettent.

La notion de mouvement que j'emploie dans le titre de cet écrit, cherche à évoquer le caractère mobile qui se dégage de l'architecture préfabriquée dans son processus de fabrication et de construction. Mais "*Architecture en mouvement*" cherche aussi à caractériser les principes suivis par les projets évoqués dans cet écrit et l'idée d'une architecture dynamique plutôt que statique; une architecture qui s'élabore à partir de règles constructives et qui n'est en soit pas fixée, mais reste personnalisable; que l'on peut considérer comme incomplète sans l'intervention et les choix de celui qui l'utilisera. Une architecture capable de s'adapter à ses utilisateurs, en lui fournissant les éléments qu'il pourra choisir d'assembler.

Pour cet énoncé, j'ai choisi de mener une analyse approfondie du projet d'architecture préfabriquée Moduli 225, mis au point dans les années soixante par deux architectes, Kristian Gullichsen et Juhani Pallasmaa, qui, à mon sens, ont su proposer des solutions techniques innovantes, simples et adaptables aux besoins des utilisateurs, grâce à un système de construction très flexible.

Afin de procéder à une analyse approfondie du projet, et le mettre en confrontation avec la technologie actuelle, j'ai choisi de modéliser chaque pièce du système de sorte à ce que ce travail puisse me familiariser avec la modélisation paramétrique que je souhaiterais utiliser dans le développement de mon projet de master.

Technique et technologie vont de pair avec l'élaboration d'une architecture préfabriquée. Afin de ne pas seulement me focaliser sur une solution du passé, il me semblait essentiel de re-contextualiser les objectifs et les travaux des deux architectes à notre époque, afin d'approcher les solutions mises en œuvre aujourd'hui, grâce aux évolutions technologiques.

J'ai ainsi choisi de me pencher sur des exemples d'hier et d'aujourd'hui, qui illustrent à leur manière les principes qui peuvent définir cette notion de flexibilité sous la forme d'une architecture préfabriquée. En prévision de mon travail de diplôme, j'ai fait le choix de me focaliser sur des projets qui prennent en compte une volonté de rendre la construction suffisamment simple et légère, qui ne nécessitent donc pas le besoin de faire recours à des outils spécifiques sur le chantier, notamment en conceptualisant des assemblages et des connexions qui le permettent. En évoquant les projets abordés dans mon travail, je ne prétends pas les considérer comme des solutions idéales, mais plutôt comme le reflet d'une réflexion pertinente qui tente d'apporter des solutions dans leur contexte et qui, selon moi, méritent que l'on s'y intéresse.

Le premier chapitre de ce travail sera consacré à une



vue d'ensemble sur le développement de l'architecture préfabriquée et sa relation à l'industrie.

Dans un second temps, le texte abordera la définition du modulaire et son principe systémique qui le lie au domaine de la préfabrication.

La partie principale, qu'est le troisième chapitre, sera porté sur une analyse détaillée du projet Moduli 225.

La quatrième partie traitera des objectifs de la préfabrication dans le contexte actuel de la manufacture numérique.

Le dernier chapitre sera consacré aux intentions générales du projet de master.

L'énoncé sera pour moi l'occasion d'apporter un support théorique et pratique pour la conception d'un projet d'architecture préfabriquée.

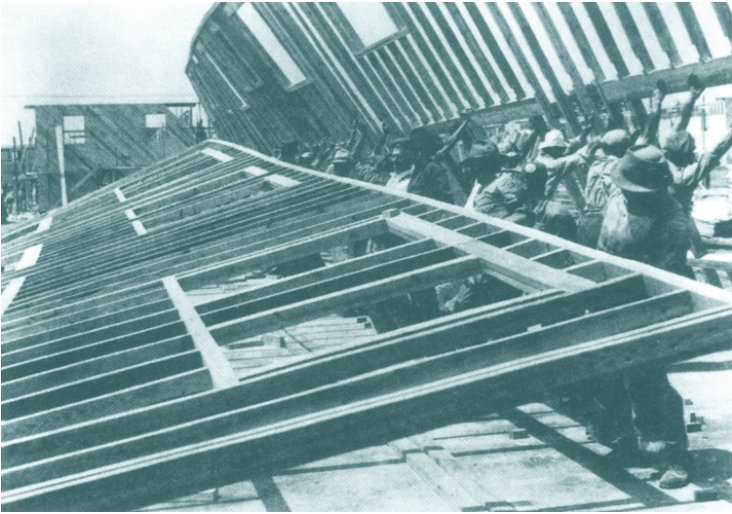
# PRÉFABRICATION ET PRODUCTION INDUSTRIELLE

La préfabrication est un principe de construction qui apparaît il y a plusieurs millénaires déjà. Ce que l'on peut considérer comme une forme primaire d'architecture préfabriquée, était en premier lieu, adoptées par les peuples nomades. Les déplacements constants conduisaient les populations à élaborer des abris qu'il était possible de démonter et déplacer. Matériaux et éléments de construction étaient d'ores et déjà réfléchis, de sorte que le montage puisse être rapide et simple à assembler. Pendant longtemps, les constructions basées sur des éléments préfabriqués se sont toujours inscrits à un niveau de production très artisanal. Cette pratique a surtout pris de l'envergure jusqu'à atteindre une proportion industrielle au cours du 19<sup>ème</sup> siècle, où elle s'est largement répandue comme une solution idéale, dans le développement des nouvelles colonies. La préfabrication incarne une discipline à part entière dans le champ architectural et son histoire a profondément marqué celle de l'architecture.

*"[...]during the nineteenth century, for the first time in the long history of "man the builder" serious and sustained attempts were made to devise systems whereby most of the component parts of a building could be fabricated in a builder's yard or workshop prior to their assembly on the actual building site. In other words, men sought to devise construction processes that would shift the major components of labor to the controlled, and increasingly mechanized conditions of the factory. This transfer from ad hoc building to planned multiple production is one of the fascination break points in the curve of architectural evolution."<sup>1</sup>*

L'un des exemples le plus marquant qui illustre ce tournant dans la discipline architecturale, pourrait bien être le système de construction en bois «Balloon Frame» aussi appelé à "ossature croisée", de George W. Snow. Développé dans les années 1830 aux États-Unis, il pourrait bien être le premier système de construction qui s'éleva à une production véritablement industrielle. Aujourd'hui, le système a évolué, mais il reste encore utilisé aux États-Unis. Dans ce contexte colonial, la forte de-

<sup>1</sup> Gilbert Herbert - Historien de la préfabrication, Bergdoll et al., Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling, 14.



Montage d'une structure "Balloon Frame".  
Bergdoll et al.,  
Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling, 41.

mande de logements et les traditions locales d'habitation en bois, ont encouragé le développement d'une industrie du bois de construction. Le système plus ingénieux remplaçait les poutres et les poteaux d'une structure traditionnelle, par des montants en bois de faible section, standardisés et disposés à faible distance les uns des autres. Cette technique facilitait la mise en œuvre et réduisait considérablement les coûts de production.

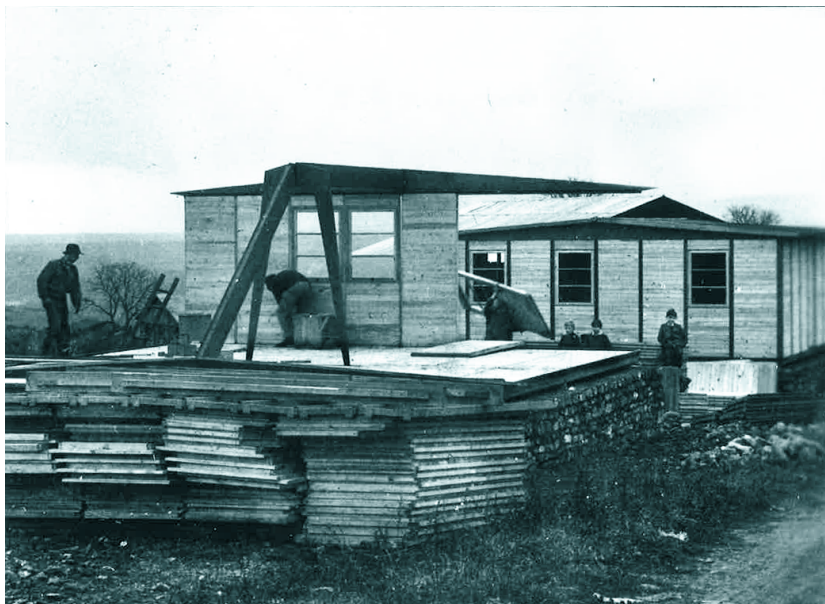
Les crises de logement engendrées par les guerres, ont également favorisé la recherche de solutions de constructions rapides, qui puissent répondre à une forte demande en un temps record. Au tournant du 20<sup>ème</sup> siècle, fascinés par les nouvelles techniques de productions industrielles d'objets ou de véhicules comme le principe de ligne d'assemblage instauré par Henry Ford en 1913, les architectes d'avant-garde se sont largement inspirés de l'industrie dans le but de l'appliquer à l'architecture du logement. En considérant la maison elle aussi comme le fruit d'une production rationnelle, ils se sont efforcés à explorer de nouvelles techniques et matériaux adaptés à une production industrielle. La préfabrication a beaucoup intéressé les architectes modernistes qui l'ont vu comme un remède aux crises du logement. Ainsi en témoignent de célèbres travaux comme la maison Dom-ino de Le Corbusier, véritable machine à habiter. Conçue pour recevoir des composants issus d'une production en série, le projet affirme les convictions de l'architecte sur la perspective d'une nouvelle théorie de l'architecture. L'industrialisation et donc la préfabrication du logement se traduira pour les modernistes comme un nouveau moyen de composer et concevoir des formes architecturales. L'industrie aura profondément bouleversé la façon dont les architectes concevaient l'architecture.

"Architecture, it was believed, needed to be fundamentally renewed in formal, social and economic terms, with the assistance of industry."<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Gerald Staib, Andreas Dörhöfer, et Markus J. Rosenthal, *Components and Systems: Modular Construction: Design, Structure, New Technologies*, 1st ed (München: Basel [Switzerland]; Boston: Edition Detail, Institut für internationale Architektur-Dokumentation; Birkhäuser, 2008), 22.

Construire en préfabriqué peut également signifier construire léger et avec tous les avantages qui en découlent. Le préfabriqué se révèle très avantageux lorsque le site de construction impose des conditions de transport des matériaux difficiles. Les constructions légères se prêtent évidemment bien aux bâtiments d'urgence ou temporaires. Ce qui fut d'ailleurs l'objet d'intenses recherches pour le designer, constructeur, Jean Prouvé, également considéré comme architecte, qui fut au cours de sa carrière grandement impliqué dans la conception de bâtiments préfabriqués et démontables. A l'origine, il exerça surtout son travail de serrurier dans la production de mobiliers d'intérieurs. Son intérêt pour la production industrielle et ses connaissances de la métallurgie, l'ont rapidement conduit à s'investir dans la recherche de nouvelles structures architecturales. Tirant lui aussi profit de l'usine dans l'élaboration de ses bâtiments, il a su mettre en œuvre des solutions extrêmement rationnelles, simples et efficaces pour ériger des constructions en un rien de temps, et ceci sans avoir besoin de faire recours à des constructeurs qualifiés.

A la fin des années trente, il fera breveter la maison modulaire démontable à portique axial. En associant panneaux porteurs préfabriqués et structure métallique, il octroie à l'ensemble une grande facilité en ce qui concerne l'assemblage. Les éléments de constructions sont légers et permettent un montage à la main. Il réduit au minimum le nombre d'éléments et donc les étapes de montage. Il est ainsi possible, pour une équipe de quatre personnes, de construire l'une de ses maisons en quelques heures seulement. Les constructions sont bon marché et simples à produire. Ses travaux connaîtront un grand succès, surtout dans le domaine militaire en temps de guerre et après-guerre, où il sera chargé de fournir des maisons préfabriquées pour les victimes n'ayant plus accès à un logement. Au cours de sa vie et de ses recherches, il fera sans cesse évoluer son célèbre système de maison à portique axial, qu'il perçoit comme une véritable "machine" à monter, en le déclinant pour des programmes divers.



Maison démontable 8x8, Galerie Jousse Seguin et al., Jean Prouvé, 10.

*"Disons le mot : il faut des maisons usinées. Pourquoi usinées? Parce qu'il ne s'agit plus seulement de fabriquer un ou plusieurs petits éléments d'une maison destinés à être assemblés, mais que tous les éléments correspondent à ceux d'une machine que l'on monte entièrement mécaniquement, sans qu'il soit nécessaire de fabriquer quoi que ce soit sur le chantier"*<sup>3</sup>

**3** Jean Prouvé, 1946, Galerie Jousse Seguin et al., éd., Jean Prouvé (Paris: Galerie Jousse Seguin, 1998), 13.

Aujourd'hui, il n'est pas étonnant de pouvoir encore constater une certaine réticence de l'opinion générale envers la construction préfabriquée. La réputation que la pratique a pu entretenir pendant longtemps, a malheureusement pu être entachée par certains échecs architecturaux pouvant être la conséquence d'une mauvaise application de la discipline. D'autre part, l'idée d'une architecture qui naît dans une usine, court le risque de faire passer l'aspect technique avant le caractère sensible et cela au détriment de la qualité architecturale finale.

*"One is confronted with the «architectural» consequences of this approach everywhere, for example in the shape of countless prefabricated panel construction buildings in Eastern Europe; no-one want to repeat these, but, strictly they do not represent the true purpose of prefabricated building."*<sup>4</sup>

**4** Staib, Dörrhöfer, et Rosenthal, Components and Systems, 5.

Néanmoins, les travaux de Jean Prouvé démontrent qu'il est possible de concevoir une architecture "d'usine", sans pour autant se détourner d'une certaine sensibilité architecturale. Même si les projets de Jean Prouvé cherchent à se concentrer essentiellement sur l'aspect constructif et technique, des architectes comme le Corbusier, reconnaissent volontiers la qualité architecturale qui se dégage des formes qui cherchent seulement à répondre à leur fonction. Jean Prouvé développe une "pensée constructive", basée sur une logique de fabrication et de fonctionnalité qui génère une esthétique épurée de tout artifice.<sup>5</sup>

**5** Galerie Jousse Seguin et al., Jean Prouvé, 75.



*"[...] A vrai dire, Architecte et Constructeur car tout ce qu'il touche et conçoit prend immédiatement une élégante forme plastique tout en réalisant, si brillamment, les solutions de résistances et de mise en fabrication."<sup>6</sup>*

**6** Le Corbusier, à propos de Jean Prouvé, Galerie Jousse Seguin et al., Jean Prouvé, 75.

Il est par ailleurs légitime d'associer préfabriqué et standardisation à la crainte de tomber dans la répétition et la monotonie. La préfabrication est toujours en lien étroit avec la technologie et la technique, et pour chaque nouveau projet, c'est une occasion de trouver des solutions et d'inventer de nouveaux systèmes qui cherchent à briser certains aspects négatifs de l'architecture en série.

Au travers de cette production industrielle de masse et la naissance d'une architecture standardisée, des architectes comme Walter Gropius ont souligné la nécessité de concevoir une architecture personnalisable, qui tient compte des besoins individuels qu'il est primordial de conserver, ceci afin d'éviter de "sacrifier la conversation entre architecte, client et constructeur, dont prend naissance la forme du bâtiment."<sup>7</sup> Walter Gropius et Konrad Wachsmann développèrent «the Packaged House system» qui deviendra par la suite le plus célèbre «General Panel System», permettant avec un minimum d'éléments constructifs différents, d'obtenir une grande flexibilité architecturale étant à même de pouvoir répondre aux désirs individuels, tout en étant conforme aux impératifs d'une production industrielle de série.

**7** Traduction française de citation, Bergdoll et al., Home Delivery, 18.

Le principe constructif se définit comme un système de panneaux structurels aux dimensions identiques, qui peuvent se connecter entre eux de manière linéaire ou perpendiculaire. En mettant au point ce type de connexions et d'assemblages ingénieux, ils ont su inclure un degré de variabilité dans la construction, sans pour autant abandonner les objectifs d'optimisation industrielle. La préfabrication en série aura motivé les architectes à rechercher des solutions autour de la personnalisation. La production de masse soulèvera peu à peu la question de la personnalisation de masse.

Walter Gropius  
et Konrad Wachsmann sur un  
chantier de Packaged House,  
William F. Karsten,  
1943.



Dans son histoire, la préfabrication s'est vue comme une réponse efficace aux situations d'urgence et aux questions économiques. Elle reste une méthode qui présente de nombreux avantages. Grâce au nombre limité d'opérations à réaliser sur le chantier, le temps nécessaire à la construction est considérablement réduit et un gain de temps sur site est une économie d'argent sur l'ensemble du projet. Outre le fait qu'elle permette un montage rapide des constructions, elle est aussi un moyen économique et même écologique de faire de l'architecture. La production hors-site permet en soi de diminuer au mieux les déchets et le gaspillage de matériaux, en travaillant dans des conditions optimales, pour réaliser les composants qui seront assemblés sur site. Un contrôle efficace peut-être obtenu sur les éléments qui sont produits en usine. En fin de vie d'un bâtiment, le recyclage est de surcroît facilité, dans la mesure où le démontage est possible et simplifié. Travailler hors site permet en outre une économie du temps en accélérant le processus de construction. Une réduction du temps consacré au chantier, permet également une minimisation des nuisances sonores et des perturbations autour du site. Construire en préfabriqué permet aussi de réduire la taille du chantier, en évitant ainsi d'allouer un espace consacré à la production de matériaux in-situ. Suivant la nature du projet ou les conditions du site, un dimensionnement adéquat permet un transport efficace des éléments vers le chantier. En outre, la conception réfléchie des éléments d'assemblage peut faciliter le montage. En rendant le processus de construction suffisamment logique, il est rendu aussi possible pour des personnes non qualifiées de participer au montage d'un bâtiment.

Comme on a pu le voir dans les exemples abordés brièvement, la préfabrication se définit comme un système de construction auquel s'applique volontiers des principes de compositions comme ceux de l'architecture modulaire de Gropius et Prouvé. L'architecture préfabriquée n'est pas nécessairement modulaire, mais une architecture modulaire est en soit interdépendante au préfabriqué.

# MODULARITÉ, DÉFINITION D'UN SYSTÈME

Dans ma recherche et afin d'explorer l'idée de flexibilité, je me suis en premier lieu tourné naturellement vers des notions d'architecture modulaire. Une architecture qui présente des solutions d'adaptations et une grande capacité évolutive.

**Modularité** : qui est constitué d'un élément de base, le module, à partir duquel tout se construit.

**Module** : élément juxtaposable, combinable à d'autres de même nature ou concourant à une même fonction.

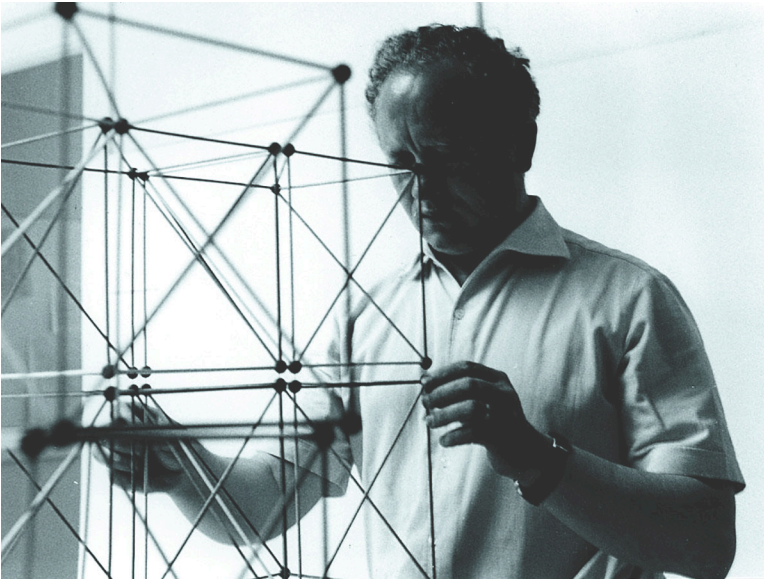
Comme le spécifie l'Encyclopédie Larousse, l'architecture modulaire se définit par l'emploi de module qui puisse se combiner avec d'autres modules similaires, en s'inscrivant dans un ensemble construit.

L'usage en architecture du terme "module" tend à s'appliquer à différents niveaux de la construction, rendant sa signification parfois difficile à saisir.

Le module peut être considéré à différentes échelles d'un bâtiment. Le terme module peut aussi bien s'appliquer à un élément de type panneau mural, comme il en est question dans le "Genera Panel System" de Gropius, qu'à une unité structurelle ou une unité d'espace. Le module peut donc être un composant ponctuel ou linéaire, mais également un élément tridimensionnel.

En architecture, le principe de modularité est donc régit dans l'adoption d'un système constructif qui se base sur des modules d'une certaine dimension. La définition de leurs dimensions peut reposer sur des questions pratiques. Dans le cas d'une maison traditionnelle japonaise, ce peut être le module de mesure du tatami qui définit l'ensemble de la construction. La dimension de ce module s'établit selon la surface nécessaire pour une personne allongée ou deux personnes assises. Pour le Crystal Palace, érigé à l'occasion de l'Exposition Internationale de 1851, le module de base du bâti s'appuie sur la taille maximale d'un panneau de verre pouvant être produit industriellement à cette époque.<sup>8</sup> Nombreux sont les paramètres pouvant définir le dimensionnement

<sup>8</sup> Staib, Dörrhöfer, et Rosenthal, *Components and Systems*, 20.



Fritz Haller, architecte designer, gta Archives, ETH Zurich, Fritz Haller

d'un module de construction, qu'ils soient pratiques ou conceptuels. Le poids des éléments, la nature du site, les moyens techniques de production, ou le transport des modules, sont susceptibles de déterminer leurs dimensions.

Élaborer un projet modulaire implique de concevoir l'architecture selon un système et une technique d'assemblage. La liberté que l'on peut en tirer, découle directement de la qualité ou la nature constructive du module. Comme en témoigne les travaux abordés dans la première partie, le développement de projets liés à des réflexions portées sur la conception modulaire, ont toujours entretenu une relation très proche avec la technique et l'industrie.

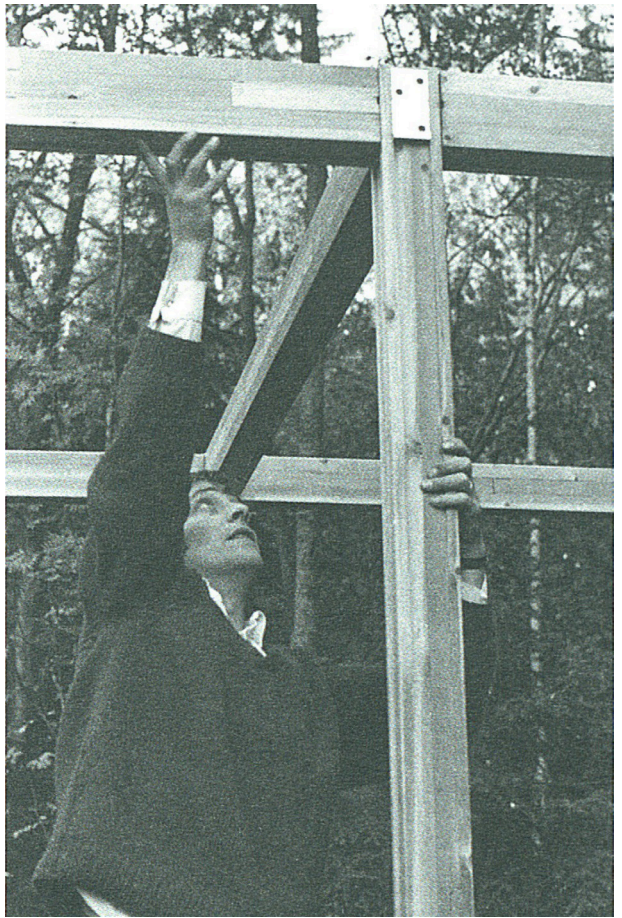
Une architecture modulaire est de fait préfabriquée et se conçoit en atelier. Régie selon des principes systémiques et donc parfois répétitifs, elle est parfaitement adaptée à une production industrielle. L'intérêt que peut apporter le principe de répétition se trouve également dans la réduction de coût. En se basant sur un module pour construire un bâtiment, on réduit le nombre de pièces différentes à produire, rendant le processus bien sûr plus économique.

La particularité du concept de modularité et ce qui fait en grande partie son intérêt, peut aussi résider dans le paradoxe entre la définition de règles fixes sur lesquelles se base le module et le degré de liberté que l'on peut en tirer. Chaque vocabulaire modulaire répond à ses propres lois, ses propres dimensions et ses propres connections. Qu'il s'agisse d'un jeu de Lego, d'une étagère USM Haller ou l'empilement de blocs d'appartement dans un ensemble de logements, les règles sont différentes, mais les principes fondamentaux sont les mêmes; ils octroient un grande flexibilité.

# MODULI 225

En cherchant des références bibliographiques et architecturales relatives au préfabriqué et à la modularité, j'ai pu découvrir les travaux des architectes finlandais Kristian Gullichsen et Juhani Pallasmaa, qui ont particulièrement retenu mon attention. A leur manière, ils ont su approfondir les notions de modularité et de flexibilité en développant leur projet de maisons préfabriquées Moduli 225. J'ai choisi d'évoquer ce projet dans la mesure où il est resté passablement anonyme et ceci malgré que l'on puisse lui reconnaître un grand potentiel. D'autre part, Moduli 225 est un système de construction préfabriqué dimensionné pour le travail à la main, ce qui me donne une raison supplémentaire pour m'y intéresser. Dans la perspective d'un projet architectural issu d'une production industrielle, les deux architectes cherchent à assurer la variété et l'intervention de l'utilisateur dans l'élaboration du bâtiment.





Montage de la  
structure, Patrick  
Degommier

Dans les années soixante, la Finlande voit le pays progressivement basculer vers une économie plus largement basée sur l'industrie, rendant le niveau de vie plus élevé. En parallèle à cette atmosphère plus prospère, elle connaît une montée de nouvelles valeurs sociales qui mettent en avant la démocratie, la liberté de l'individu et, dans une dynamique de nouveauté, cherchent à rompre avec le passé.

En architecture le même schéma s'opère. On commence à voir naître un nouveau mouvement d'architectes qui s'oppose en partie à la tradition et prône une architecture plus socialement responsable. Une architecture en mesure de répondre à des enjeux économiques et sociaux. Dans ce contexte-là, certains architectes se sont employés à développer des solutions tirant profit de l'industrie, ceci afin d'être en mesure de produire en quantité et de fournir des logements individuels à des prix abordables, choisissant une architecture plus rationnelle, anonyme et accessible à tous.

Les nouveaux moyens technologiques introduits par l'industrie, ont motivé les architectes du monde entier comme les finlandais Kriterion Gullichsen et Juhani Pallasmaa, à élaborer de nouvelles solutions dans la conception architecturale. Avec l'idée de rendre le processus de construction toujours moins coûteux, plus rapide, plus flexible et capable de correspondre au mieux aux besoins des utilisateurs.

*"There was an unwavering belief in technology and new materials ; trying out new innovations was also a matter of pride for an architect."*<sup>9</sup>

D'un point de vue formel, les recherches et travaux de Gullichsen et Pallasmaa tendent à se ranger sous l'enseigne du mouvement "Constructiviste" finlandais. Mouvement qui n'a par ailleurs pas vraiment de rapport avec le mouvement constructiviste architectural qui naît en Russie, dans les années trente, si ce n'est un intérêt dans l'usage de forme cubique et une architecture régie par des principes structurels modulaires.

La pensée modulaire est très forte dans les projets des

<sup>9</sup> Gullichsen, propos recueillis par A. M. Kaila, Anna-Mikaela Kaila, Moduli 225: A Gem of Modern Architecture, Aalto University Publication Series, 2016,2 (Helsinki: Aalto University School of Arts, Design and Architecture, Aalto Arts Books, 2016), 17.

architectes constructivistes comme en témoigne le projet Moduli 225. Le système élaboré par le duo d'architectes et les formes architecturales qui en résultent, s'inscrivent directement dans ce courant et témoignent de l'évidente recherche de rigueur géométrique et de logique constructive.

En terme de matériau, le bois a longtemps été largement employé dans la construction. Dès la révolution industrielle, il connaît une période de déclin au profit du béton et de l'acier qui eux sont mis à l'honneur. Faire un usage majoritaire du bois dans une construction issue d'une production industrielle n'était pas forcément commun pour l'époque. Cependant, ce matériau convenait bien au type d'architecture que le mouvement constructiviste finlandais cherchait à mettre en œuvre. Pour Pallasmaa, le bois était le matériau idéal :

*"In our climate, timber is so far the only building material that makes purely constructivist architecture possible. [...] Using timber and steel as building materials leads to rectangular architecture."*<sup>10</sup>

**10** Juhani Pallasmaa, 1966, Kaila, Moduli 225, 20.

En Finlande, la préfabrication industrielle en architecture ne date évidemment pas des années soixante. Au sortir de la guerre, et comme pour une grande majorité de pays en Europe à cette époque, la Finlande connaît une période de reconstruction et voit le besoin de logement prendre une ampleur considérable. Face à cette nouvelle exigence, l'industrie du logement finlandais développa des solutions de maisons individuelles préfabriquées en bois, notamment avec la participation d'architectes comme Alvar Aalto, qui développa le AA-system sous le financement de la compagnie A. Ahlström Oy.

La démarche adoptée par Gullichsen et Pallasmaa s'inscrit dans une autre perspective du préfabriqué. Plus pragmatique et flexible que ce que peut apporter la simple préfabrication d'une maison standardisée.

Le projet Moduli 225 naît de l'association de l'entreprise A. Ahlström Oy, qui était donc investie dans la production de maisons préfabriquées, et des deux architectes.

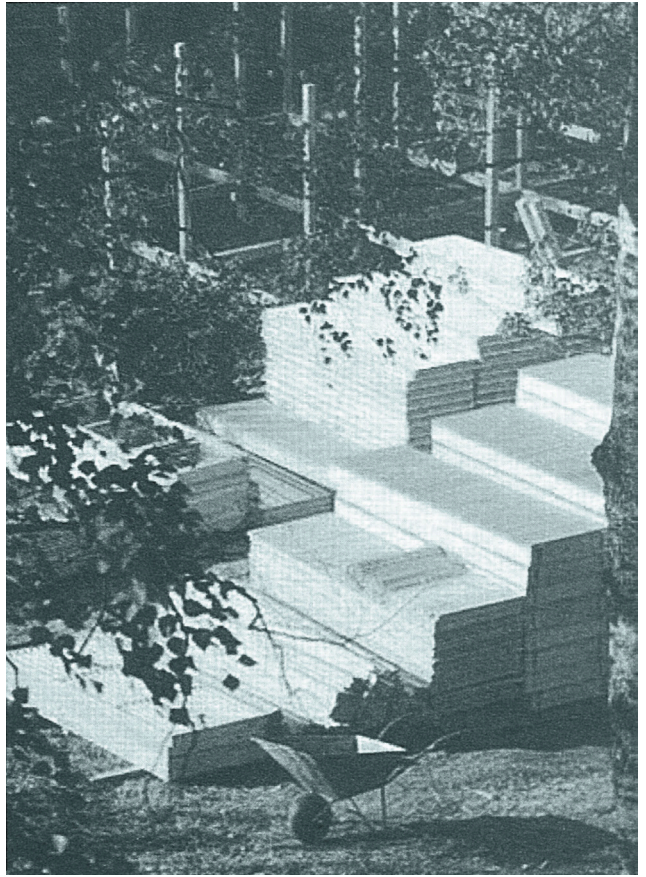
A la fin des années soixante, la compagnie est à la recherche d'une alternative à la maison préfabriquée standard, qu'elle a surtout développé pendant cette période de reconstruction d'après-guerre. En approchant les deux architectes, elle souhaite projeter un nouveau modèle de maison, plus moderne et efficace, avec les matériaux fournis par l'entreprise. C'est une immense opportunité et l'occasion pour Gullichsen et Pallasmaa de développer un projet qui puisse répondre aux idées de l'époque. S'agissant d'un projet à caractère plutôt expérimental, les architectes ont décidé d'appliquer leur système dans la fabrication de maison de vacances. Celles-ci demandant moins de rigueurs techniques et fonctionnelles qu'une maison conventionnelle.

Au travers d'une production industrielle d'éléments architecturaux et un système répondant à des principes modulaires, ils cherchent à introduire la variabilité dans la composition et ainsi offrir la possibilité de construire des logements différents, en grand nombre et rapidement. Le projet Moduli 225 est une méthode de construction conçue de sorte à ce qu'il soit possible de réaliser des combinaisons différentes. Le principe de modularité du projet offre un potentiel évolutif remarquable et permet à celui-ci de s'adapter au besoin de chacun, mais également aux changements qui pourraient survenir dans la vie du bâtiment et de ses utilisateurs.

*"Instead of an ordinary standardised house, Moduli is a jigsaw puzzle whose standard parts can be combined in different ways to execute various building applications."<sup>11</sup>*

<sup>11</sup> Brochure Moduli, Kaila, Moduli 225, 80.

En Finlande, l'engouement pour cette architecture "constructiviste" industrialisée, aura engendré l'élaboration de plusieurs autres prototypes de construction universelle basés sur des éléments standardisés. D'autres compagnies finlandaises comme Bungalow, Domino ou Marisauna, se seront prêtées à l'exercice des maisons modulaires en kit.



Éléments de  
construction prêts  
à être assemblés,  
Juhani Pallasmaa

Le système de construction des deux architectes naît dans une époque où industrie et technologie riment avec possibilité et liberté. Comme il a déjà été évoqué plus haut avec les projets de Wachsmann et Gropius ou la maison Dom-Ino de Le Corbusier, la préfabrication industrielle est un domaine qui suscite beaucoup d'intérêt pour les architectes du monde entier et ceci depuis plusieurs décennies déjà. Comme le souligne A.-M. Kaila dans sa thèse, la vision utopique et qui régnait dans les années soixante, a contribué à l'approfondissement des questions associées à la préfabrication, la personnalisation et notamment le concept de "Do-It-Yourself" qui s'était peu à peu répandu dans les idées de l'époque. La participation de l'utilisateur dans le processus architectural et constructif, permet de satisfaire au mieux ses besoins, qu'ils soient au niveau de son logement aussi bien qu'à ceux de son porte-monnaie. Moduli 225 fut développé de manière à rendre le montage le plus aisé possible, en cherchant à rendre le processus de construction évident et simple pour quelqu'un n'ayant aucune formation dans le bâtiment. Ainsi, à la livraison, l'acheteur a le choix de faire recours à une équipe de monteurs fournis par le fabricant ou alors monter lui-même la maison reçue en pièces détachées.

Fondamentalement, le système Moduli 225 s'associe à une méthode de construction très abordable, qui ne nous dit pas ce que l'on doit faire, mais comment il est possible de faire. Le système fournit des composants qui répondent à des règles d'assemblage, mais autorisent une variété de combinaisons.

Dans son ouvrage, A.-M. Kaila reprend l'analogie que fait Gullichsen avec son projet et le jeu de "Lego" ou les étagères "Lundia". Comme le système de construction, l'étagère modulaire et le jeu de briques permettent, dans les limites de leurs règles, d'offrir d'innombrables possibilités. Ce sont aussi des systèmes d'assemblage de pièces standardisées qui s'adaptent à une production industrielle.

Moduli 225 est basé sur une grille à trame carrée de 225 centimètres. En choisissant ce type de trame et en

Brochure publicitaire pour le système Moduli 225.

Vous pouvez décider de la taille et de la forme de votre plan.

Vous pouvez concevoir votre propre façade.

Vous pouvez décider de la forme de votre toit.

Votre maison a des fondations solides.

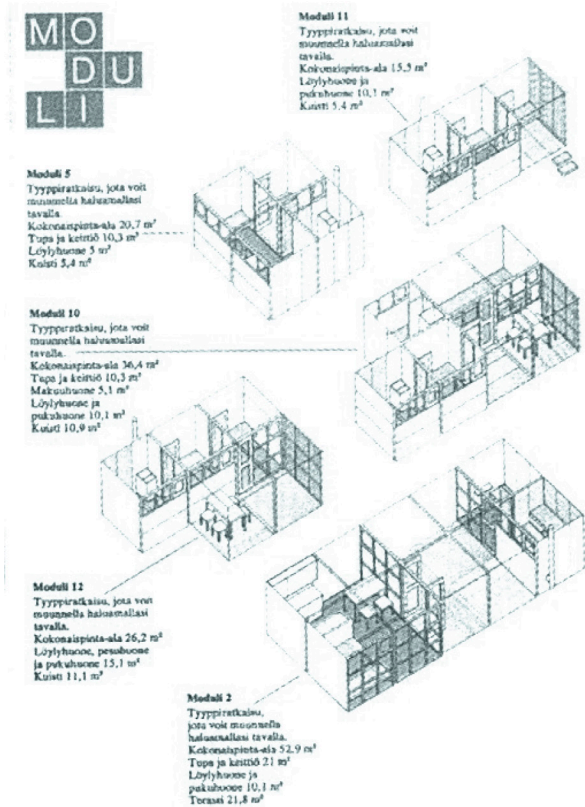
Vous pouvez bâtir votre maison même dans des lieux difficiles.

Votre maison sera chaleureuse, même quand il fait froid dehors.

Vous pouvez agrandir ou réduire la taille de votre maison quand vous le désirez.

Votre maison sera rapidement construite.

Moduli est bon marché



élaborant des assemblages possibles sur deux axes, Gullichsen et Pallasmaa permettent au système de se développer de manière multidirectionnelle et à l'infini. Comme a pu le souligner Pallasmaa, les constructions d'origines industrielles, comme une maison type standardisée, ont le désavantage de toutes se ressembler. Un problème que ne rencontre pas le système, car il n'est pas un produit fini en soit. Moduli 225 est une sorte « d'outil » que n'importe qui peut choisir de s'approprier afin de réaliser un projet qui lui corresponde.

*"This enables each house builder, either on their own or with help of a professional designer, to create a unique solution by using serially produced elements."<sup>12</sup>*

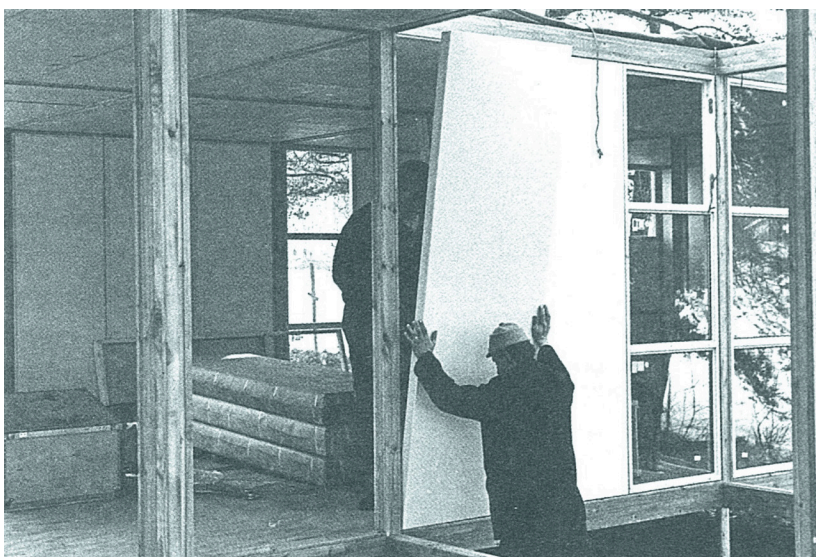
**12** Arkkitehti magazine, 1969, Kaila, Moduli 225, 80.

Moduli est surtout un projet qui incarne une volonté de flexibilité totale, aussi bien conceptuelle que constructive. Le système à l'avantage de s'adapter à tous les terrains, mais aussi à différents types de programmes. Il est pensé de manière à rendre possible le montage à la main, avec de simples outils et par un nombre réduit d'intervenants. Les pièces sont conçues majoritairement à partir de bois et confèrent ainsi à l'ensemble une grande légèreté qui facilite le transport. Ainsi, chaque pièce n'excède pas un poids supérieur à 50 kilos. Une fois monté, il est aisé de le démonter et le modifier, ceci sans l'aide de machines.

*"It was a kind of dream that, when moving, you could just put the house in a backpack."<sup>13</sup>*

**13** Kristian Gullichsen, propos recueillis par A. M. Kaila, Kaila, Moduli 225, 82.





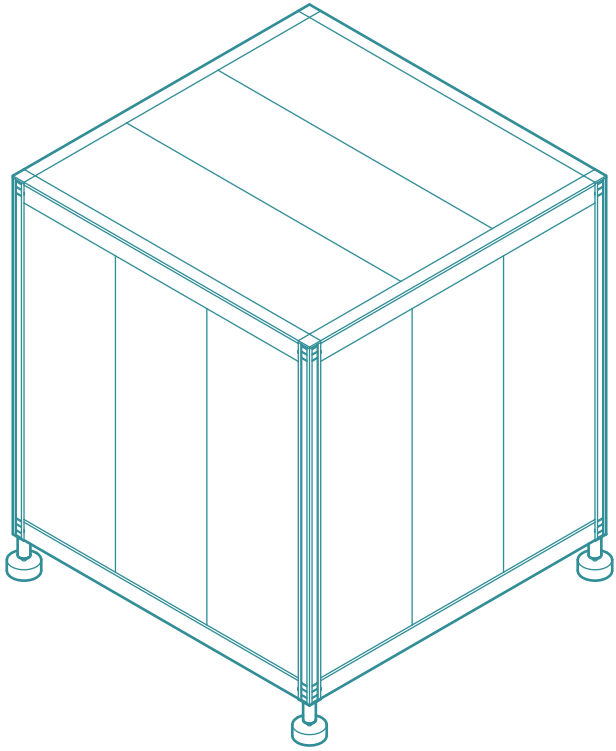
Auparavant, Kristian Gullichsen avait déjà travaillé sur des projets de bâtiments modulaires préfabriqués en usine pour la compagnie qui produisait le système Bungalow. Pallasmaa était lui plus imprégné du mouvement modulaire constructiviste du moment et avait déjà fait construire des maisons sur les principes du mouvement. Les expériences de chacun, ainsi que leurs influences, ont beaucoup nourri le projet Moduli 225. Mais le système des deux architectes témoigne de leur intérêt majeur porté sur l'architecture traditionnelle japonaise. En effet, beaucoup de principes s'en inspirent directement. L'architecture japonaise traditionnelle en bois se base sur le module du tatami (88cm x 176) qui découle des dimensions nécessaires pour une personne couchée. Le rapport 1:2 permet également d'orienter le module dans deux sens différents. Moduli 225 se base lui aussi sur des modules aux dimensions strictes, qui découlent d'un besoin pratique, de la même manière qu'est utilisé le tatami chez les japonais.

*"The whole dimensioning principle of Moduli basically comes from the tatami system."<sup>14</sup>*

**14, 15** Juhani Pallasmaa, propos recueillis par A. M. Kaila, Kaila, Moduli 225, 76.

Le module de base est un cube de 225 par 225 divisible en trois parties de 75 cm de large. Il implique donc un rapport de 1:3, et offre ainsi la liberté de disposer les panneaux de murs dans un sens vertical ou horizontal. Le choix de cette mesure (75x225) découle du minimum requis pour la largeur d'une porte. C'est à partir de cette mesure que se constitue le système de construction tout entier.

*"It was just a good width when we were trying out different measurements. The minimum width of a door, that's where it came from."<sup>15</sup>*

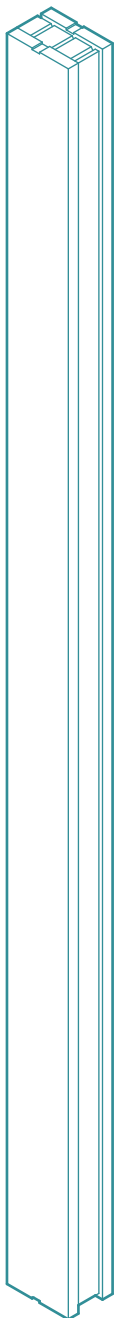




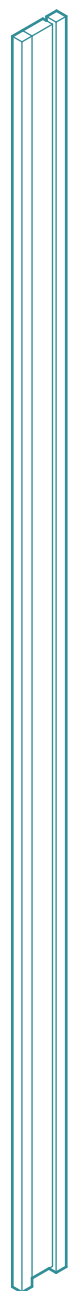
4x



4x



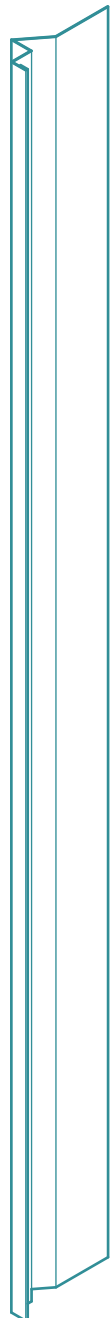
8x



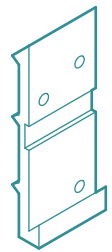
4x



4x



4x



16x



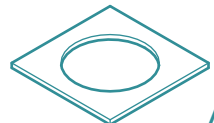
4x



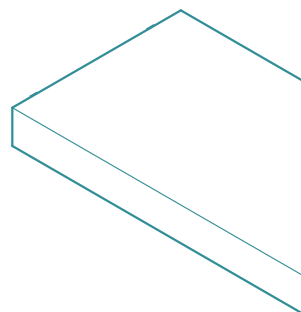
4x



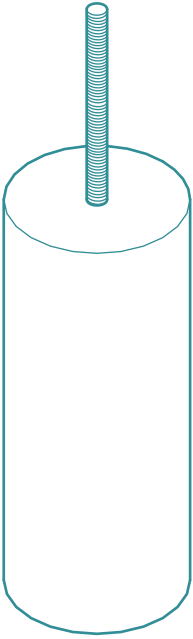
8x



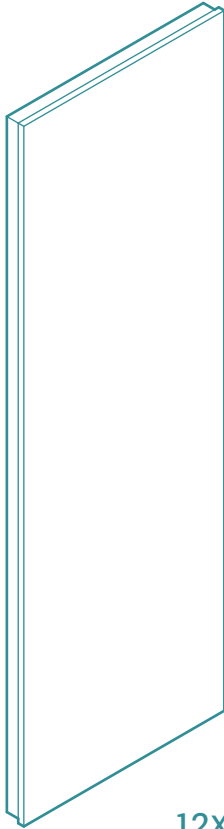
4x



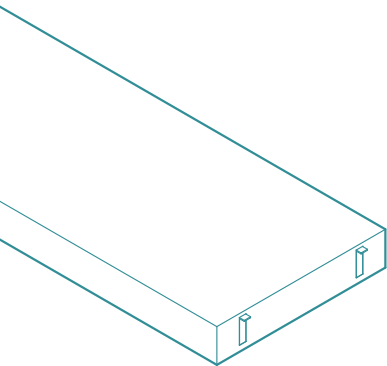
1x MODULE



4x



12x



6x



12x



24x



8x



4x



4x

**16** Matériau développé par la compagnie A. Ahlström Oy.

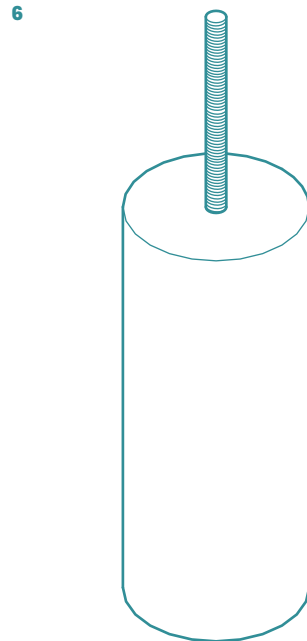
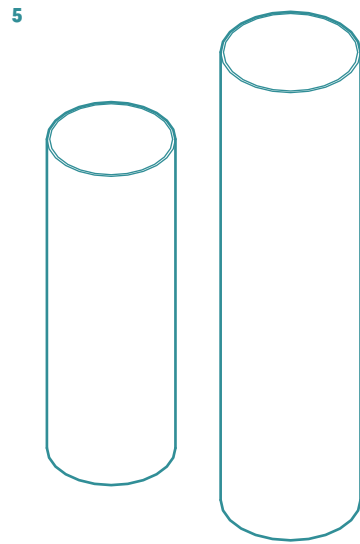
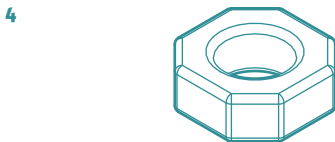
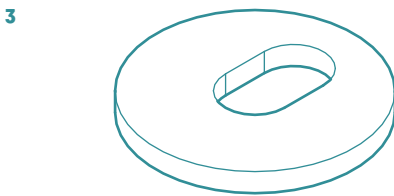
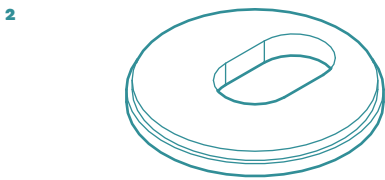
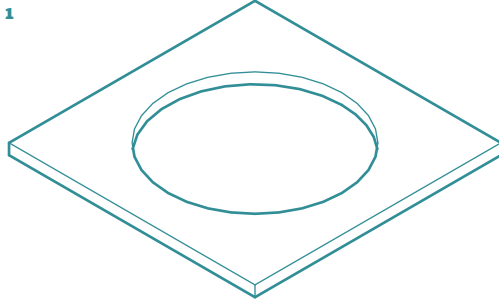
Moduli 225 consiste en un nombre limité d'éléments préfabriqués. Le module de base est constitué d'une structure porteuse primaire assurée par quatre poteaux et huit poutres. Pour chaque face, trois éléments de remplissage viennent s'insérer verticalement ou horizontalement dans la structure. Les éléments des faces verticales consistent en une sélection de panneaux de fenêtres, de portes ou de panneaux opaques. Les éléments destinés aux faces horizontales se définissent comme des éléments de plancher ou de toiture. Il existe plusieurs variantes d'éléments de cloison de même dimension, qui peuvent donc être disposés selon les besoins. De cette manière, les utilisateurs bénéficient d'une liberté de choix presque infinie. La face extérieure des éléments peut être en "Karkapan"<sup>16</sup>, sorte de planche de construction résistant aux intempéries et pouvant être utilisée en intérieur, comme en extérieur, ou recouverte d'un revêtement en bois qui peut également être personnalisé.

Le projet a donné lieu à de nombreuses recherches et inventions, notamment en ce qui concerne certains matériaux élaborés par la compagnie chargée de financer le projet. Désireux d'atteindre une grande simplicité dans le montage, ce fut également l'occasion de trouver de nouvelles solutions de connexions entre éléments et de systèmes de fondation.

Afin d'approfondir l'analyse du projet et dans le but de le modéliser par la suite, je me suis attardé sur les détails en procédant à une analyse des éléments constructifs qui constituent l'ensemble du système.

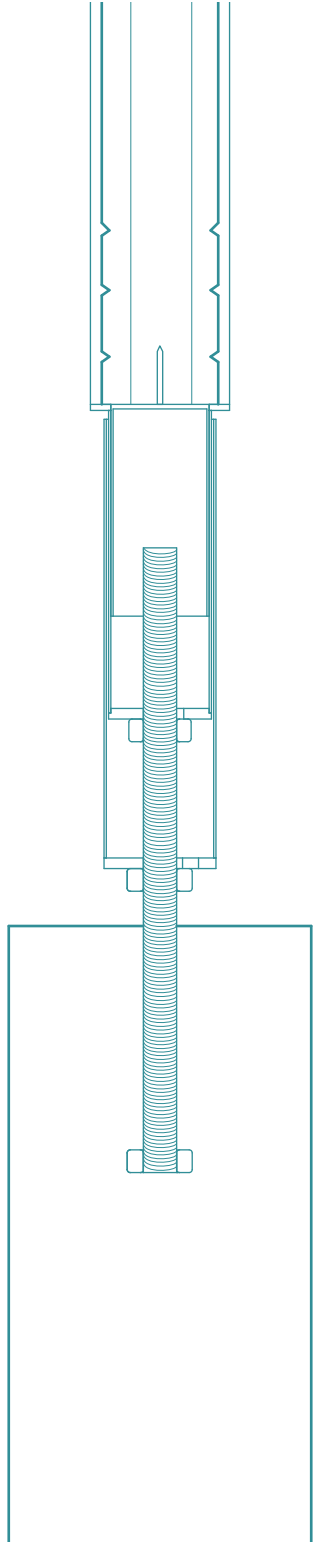
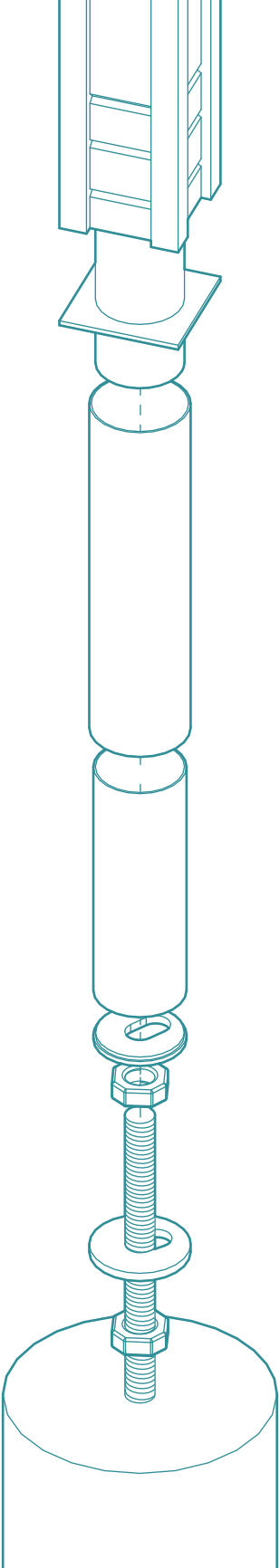
Toujours dans une perspective d'adaptation et de flexibilité, le système de fondation fait également l'objet d'expérimentations et d'innovations. A la livraison, des moules sont fournis pour couler des cylindres de béton dans la terre, d'un diamètre de 20cm à 30cm et d'une profondeur variable. Une tige filetée, prête à recevoir les pièces métalliques de fondation, est encastrée dans le pieu de béton. Si le sol du site de construction est en pierre, il est aussi possible d'encastrer directement la tige dans la roche. Cela peut nous éviter ainsi de devoir couler une fondation en béton. Sur cette tige, deux disques percés à son diamètre y sont vissés. Chacun des disques est soutenu par un écrou. Le disque inférieur joue le rôle de support pour un premier cylindre de protection. Un second tube en aluminium plus petit, a lui une fonction structurelle et vient se glisser à l'intérieur du cylindre protecteur en s'appuyant sur le disque supérieur. Le disque supérieur comprend un rebord sur lequel le cylindre peut s'emboîter. Enfin, le poteau en bois vient se ficher dans le cylindre structurel, grâce au tube fixé à sa base. Une pièce carrée qui reprend les dimensions du poteau vient s'insérer au préalable entre le cylindre et le poteau, pour éviter que le tube de fondation ne s'enfonce dans le bois. Afin de pouvoir s'adapter à toutes les topographies, le mécanisme des fondations est réglable au moment du montage. Les cylindres de fondation sont livrés à des tailles standardisées de 150cm, ceci afin de pouvoir découper les longueurs désirées.

Ce système de pilotis, lui aussi en partie inspiré par cette architecture japonaise qui fascinait tant Gullichsen et Pallasmaa, a l'avantage de s'adapter à la topographie. Il préserve ainsi le besoin de faire recours à des terrassements conséquents et coûteux. Être légèrement surélevé du sol, évite également les problèmes que peut rencontrer le bois avec l'humidité du sol.

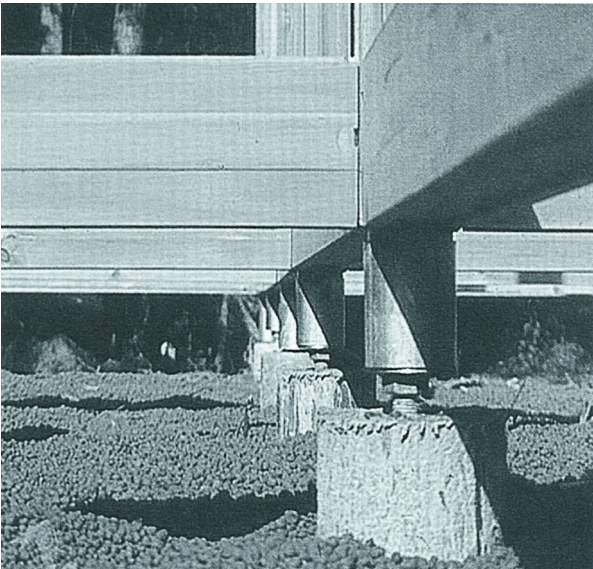


- 1** : Plaque de support du poteau  
**2** : Disque supérieur  
**3** : Disque inférieur  
**4** : Écrou  
**5** : Tubes de fondation et de protection à longueurs variables  
**6** : Cylindre de béton et tige fileté.

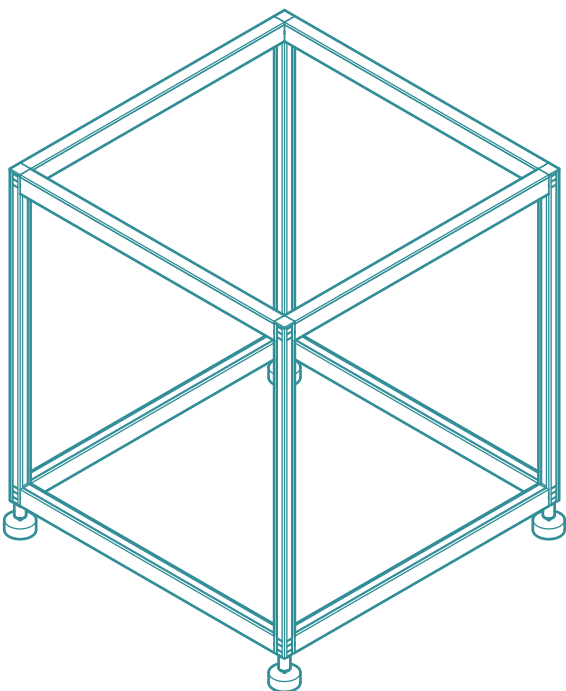




Systeme de fonda-  
tion, Juhani Pallas-  
maa



# CADRE STRUCTUREL



Le système constructif se subdivise en deux parties; la principale, qui consiste en un cadre structurel porteur et la secondaire, qui comporte les panneaux de remplissage non porteurs.

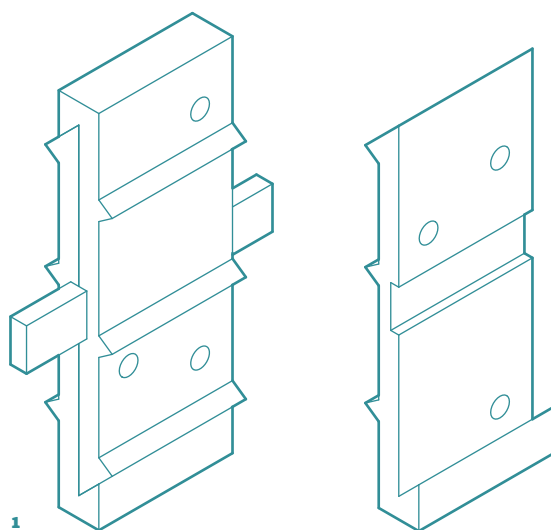
Dans un module, le cadre structurel est constitué de quatre poteaux longs de 253 cm et de section carrée de 9.2 cm de côté. Ceux-ci sont connectés à huit poutres – quatre pour le plancher et quatre pour le toit- de 225 cm de long et de section rectangulaire d’une hauteur statique de 15.5 cm et d’une largeur de 9.2 cm.

Pour des raisons d’emboîtement et de connexion, la section des poutres et des poteaux n’est pas tout à fait carrée. Sur les faces longitudinales des poteaux, une rainure large de 5cm, parcourt toute la longueur, ceci afin d’accueillir les connecteurs et les bandes en bois de fixations des éléments de cloison.

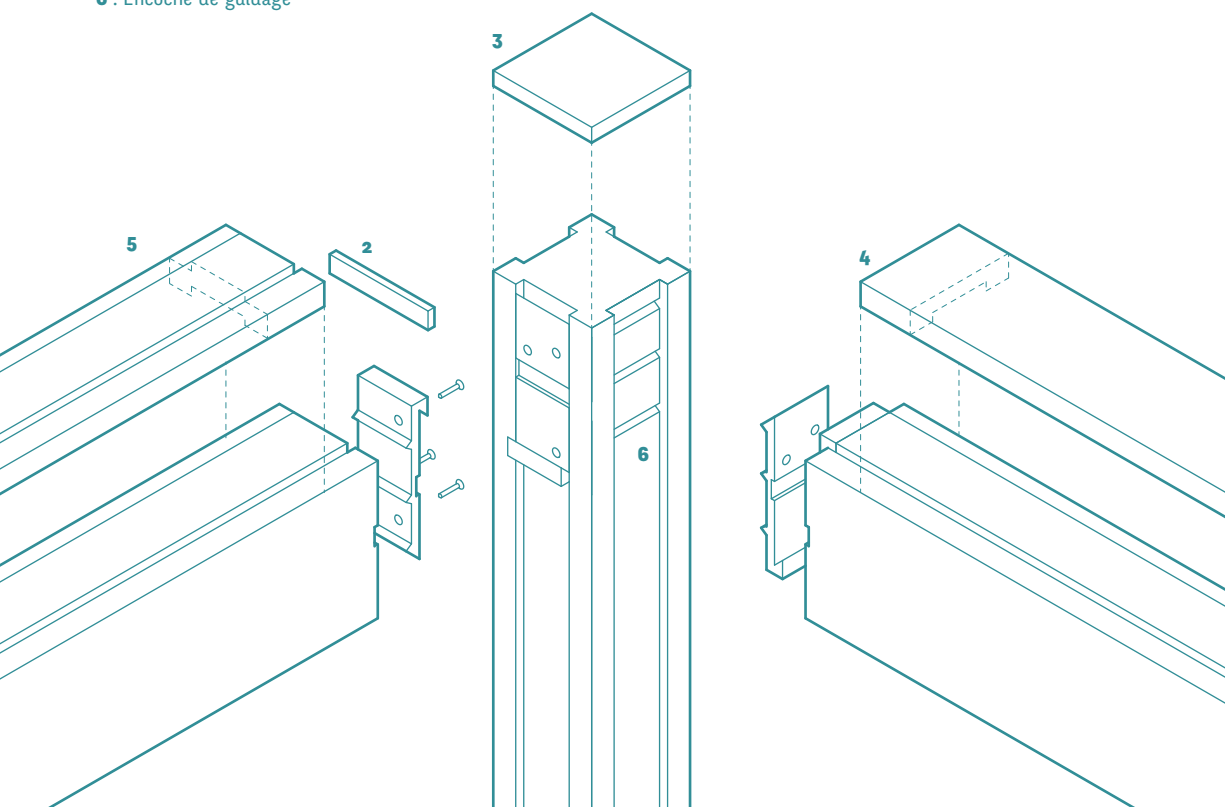
La section des poutres comporte une rainure négative sur la face inférieure et une positive sur la face supérieure. Le système des poutres comprend la poutre en elle-même et un pièce de même longueur qui vient se fixer sur le côté supérieur de la poutre. Si l’on choisit de laisser le cadre structurel libre ou simplement pour la poutre de toiture, une pièce avec une face supérieure plate sera fixée. Au niveau de la toiture, la tête du poteau est elle aussi couronnée d’un capuchon en bois de protection.

Si l’on choisit de remplir le cadre avec des éléments de cloison, la pièce comporte un profil qui permet de venir fixer les éléments verticaux.

Les connexions métalliques des poutres et des poteaux sont un autre élément du projet qui s’inspire directement de la tradition japonaise. Les profilés métalliques de connexion reprennent la nature d’un joint de verrouillage en bois. Poutres et poteaux se connectent grâce à ces connecteurs en métal, coupés tous les 5 cm sur un profilé d’aluminium extrudé. Les pièces métalliques sont ensuite placées contre les éléments de cadre, grâce à des encoches de guidage qui aident à orienter la pièce dans le bon sens. Les connecteurs sont ensuite vissés à



- 1 : Connecteur métallique
- 2 : Goupille
- 3 : Protection poteau
- 4 : Protection poutre "libre"
- 5 : Support de panneau à fixer sur la poutre
- 6 : Encoche de guidage



la poutre et au poteau; une à l'envers et une à l'endroit, ceci afin qu'elles puissent s'accrocher l'une à l'autre. Cette méthode est plutôt simple mais ingénieuse et économique, car d'une part la connexion est permise avec un seul type de pièce et d'autre part, elle est découpée dans une simple extrusion, ce qui facilite grandement sa production.

Enfin, une goupille métallique est insérée entre les deux pièces afin de verrouiller la connexion. Ce type de connecteur découle directement d'un type de joints élaboré dans la menuiserie traditionnelle japonaise.

Comme il a été précisé précédemment, les panneaux n'ont pas de rôle porteur. Pour le remplissage de la structure, quinze panneaux sont disponibles. Il existe six éléments horizontaux et neuf éléments verticaux. Afin d'assurer un contreventement et une meilleure stabilité à la structure du bâtiment, les panneaux du plancher et du toit doivent être orientés perpendiculairement. Les panneaux fenêtres et les panneaux opaques peuvent aussi bien être disposés verticalement qu'horizontalement, permettant ainsi d'accéder à des variantes supplémentaires en façade. Étant tous basés selon une dimension commune, l'utilisateur peut disposer les éléments à sa guise.

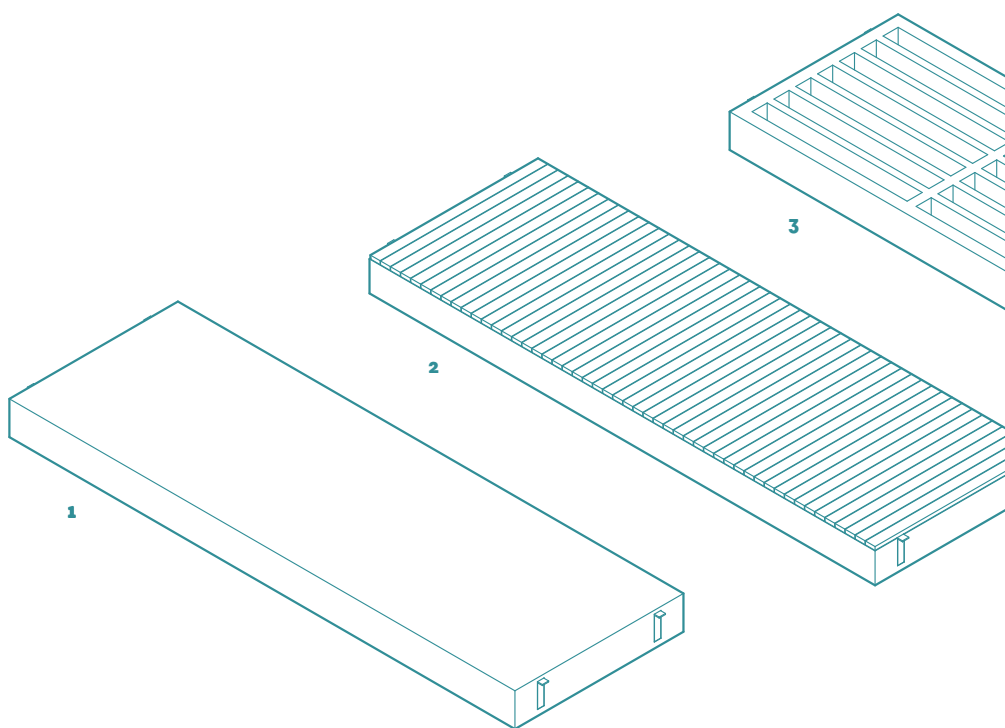
Le système de construction prévoit plusieurs éléments horizontaux ; trois types d'éléments peuvent être employés dans les espaces intérieurs et trois pour l'extérieur.

Pour l'intérieur, les panneaux de plancher et de toiture se constituent d'un cadre en bois à l'intérieur duquel est placé un isolant. Le cadre est fermé de chaque côté par un panneau de contre-plaqué. Un revêtement en bois est également prévu pour accompagner les éléments de plafonds. Des joints en caoutchouc sont disposés le long des côtés des panneaux. Pour chaque jointure, entre les panneaux, vient se placer une bande d'étanchéité en plastique.

Pour l'extérieur, il existe des éléments de plancher constitués d'un lattage simple pour terrasse, des éléments de toit plein qui sont les mêmes que ceux utilisés pour le plafond à l'intérieur et des éléments de toit ajourés.

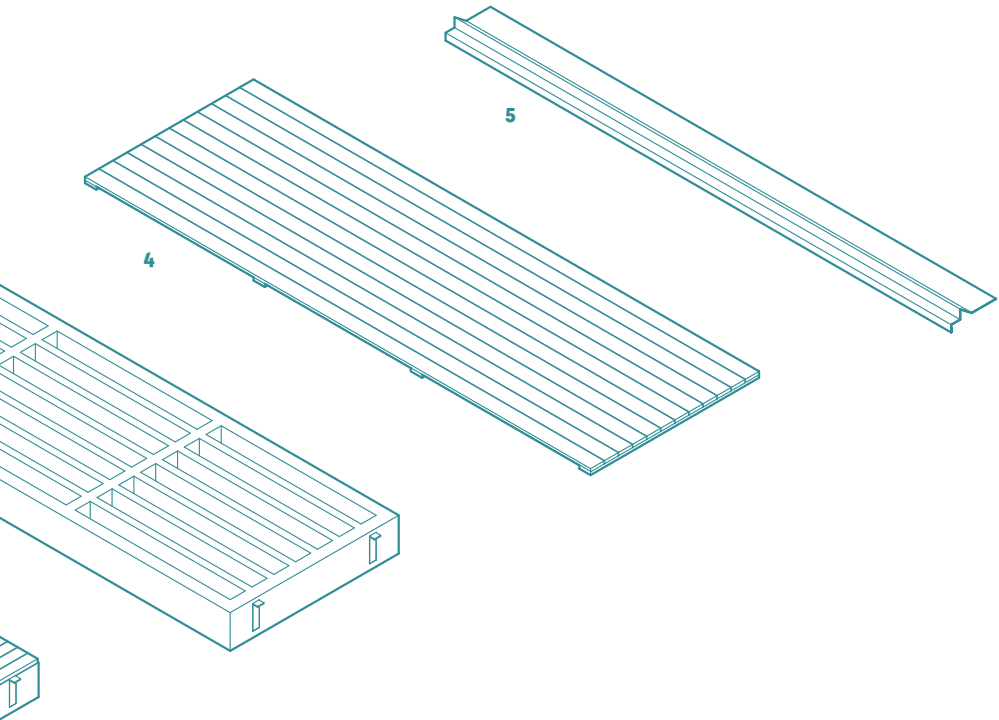
Les éléments horizontaux possèdent deux crochets en aluminium fixés sur leurs deux bords courts, permettant ainsi de les suspendre aux poutres. Une fois placés, les crochets sont vissés dans la structure. Les panneaux de toiture installés, sont alors recouvert d'une membrane en "Hypalon"<sup>17</sup> qui assure l'étanchéité.

<sup>17</sup> Matériau développé par la compagnie A. Ahlström Oy.



- 1** : Panneau simple intérieur et extérieur, pour plancher et toiture
- 2** : Panneau extérieur de plancher terrasse
- 3** : Panneau de toiture ajouré
- 4** : Panneau intérieur de revêtement de plafond
- 5** : Élément de ferblanterie





Des éléments de ferblanterie sont également livrés dans le kit. Les profilés en tôle sont de même longueur que la poutre. Aux croisements des poutres, des becs d'évacuation d'eau sont prévus.

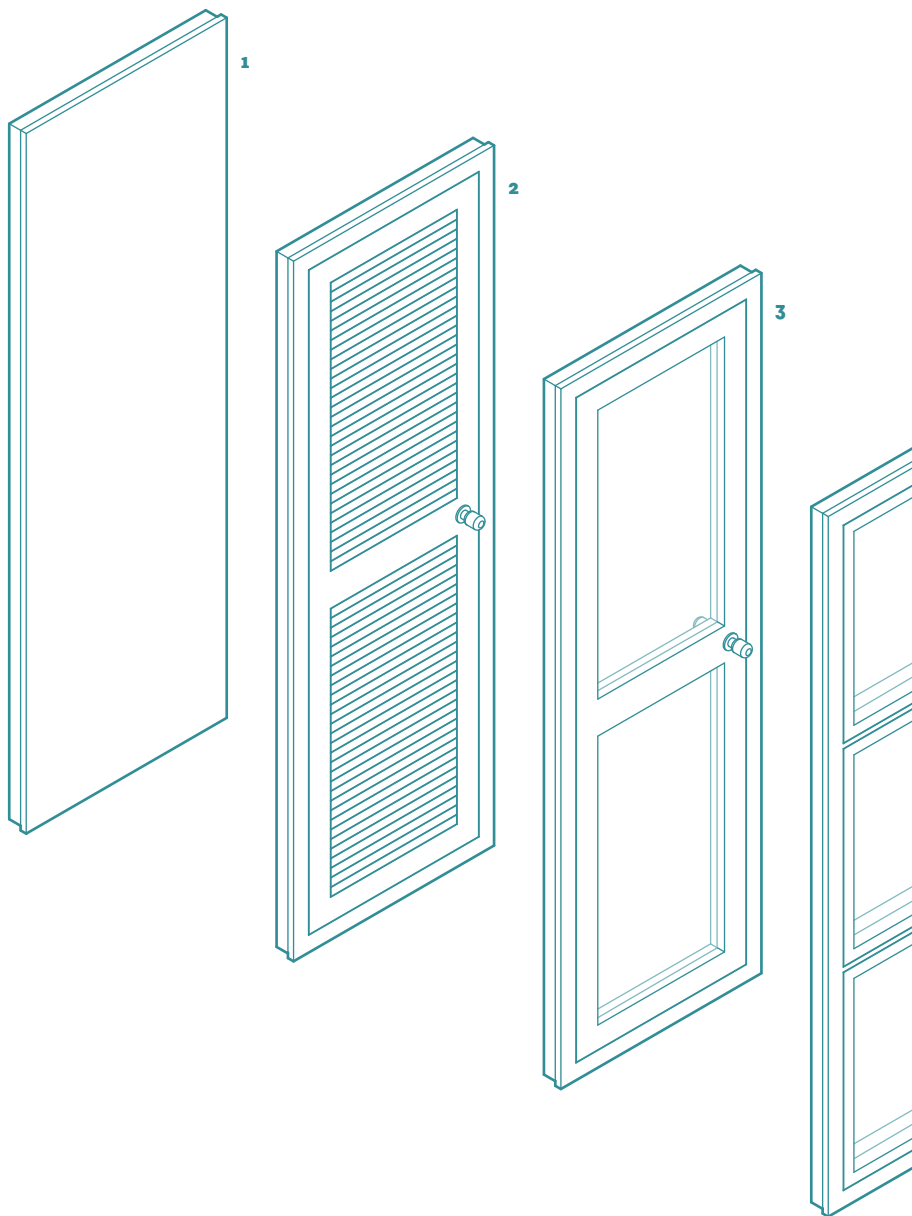
Dans l'objectif d'obtenir une forme des plus pures en accord avec les principes formels constructivistes, la volonté des architectes était plutôt orientée vers la toiture plate. Des composants standardisés de toiture en pente ont néanmoins été élaborés, mais il n'était pas prévu de les livrer en tant qu'éléments finis à installer sur la structure. Les composants devaient donc être assemblés sur place. Les toitures en pente ne sont pas isolées et jouent seulement le rôle de couverture d'étanchéité au-dessus des panneaux de toiture de base. La toiture en pente se constitue d'une simple charpente en bois et d'une couverture en tôle ondulée ou en panneau de fibro-ciment.

Dans le développement du projet, d'autres dispositifs de toitures de type ouverture zénithale, ont été élaborés mais très peu d'informations sont disponibles.

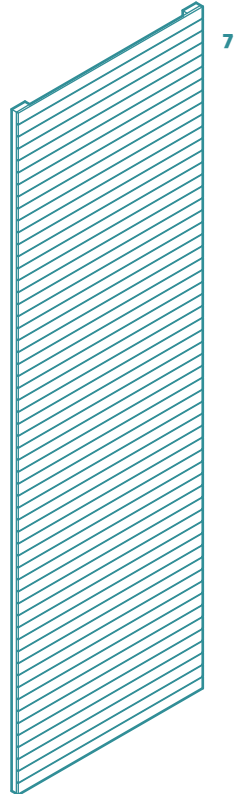
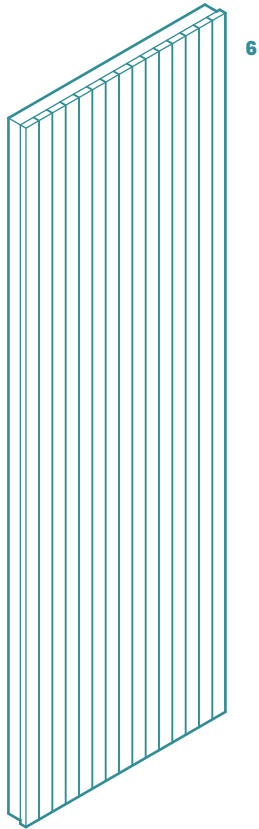
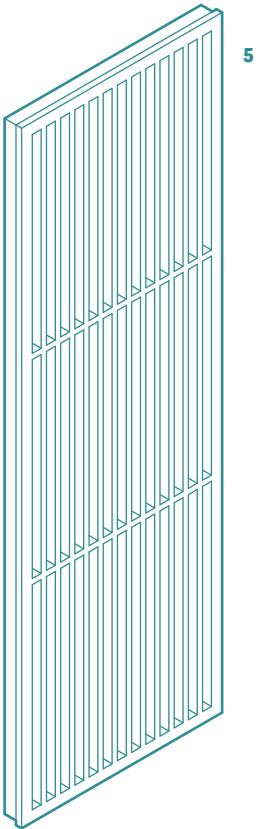
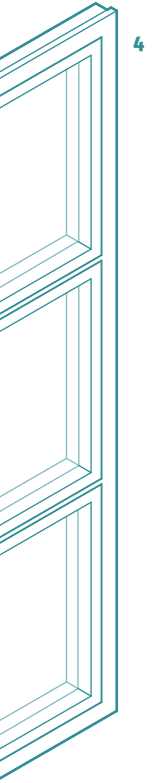
Une sélection de douze éléments verticaux est prévue pour venir remplir la grille structurelle. Les éléments pleins se constituent d'un cadre en bois avec des jointures croisées. Les éléments du cadre ne sont pas fixés les uns aux autres, mais se solidarisent grâce au panneau de bois ou de Karkapan qui est collé dessus. A l'intérieur des cadres, des montants sont fixés afin de solidifier l'ensemble. De l'isolant est placé avant de sceller le cadre avec les panneaux. Il existe également des éléments de fenêtres à trois vitrages, avec la possibilité d'avoir des fenêtres fixes ou battantes ; des éléments de portes en verre ou opaque ; des éléments d'extérieurs ajourés ; des éléments de revêtement en bois. Les murs pleins disposés hors structure à l'intérieur de la maison, sont de même nature que les éléments extérieurs, avec une épaisseur réduite à 7cm.

Pour installer les éléments verticaux, des bandes de fixation en bois viennent se visser dans le profil inférieur des poutres et des poteaux afin de former un cadre pour les recevoir. Les éléments sont donc encadrés par des bandes en bois sur les deux côtés longs et le côté court supérieur. Une fois en place, des secondes bandes de bois sont vissées entre les éléments côté intérieur, afin de solidariser les éléments à la structure. Pour garantir une bonne étanchéité, des joints de caoutchouc sont insérés à la jonction des panneaux côté extérieur.

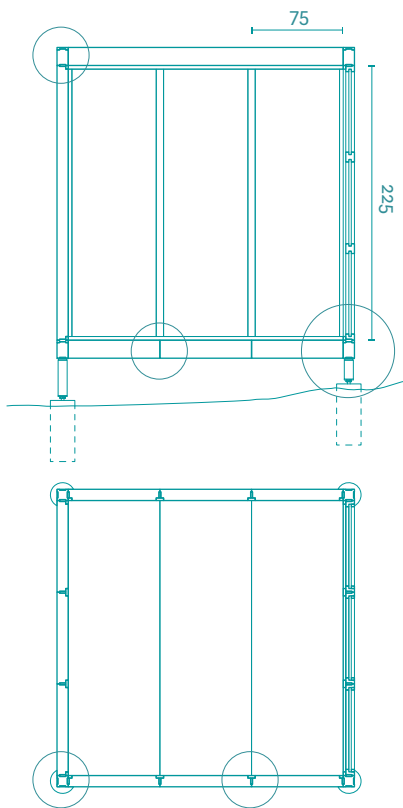
La brochure Moduli 225 propose également toutes sortes d'éléments d'ameublement pour cuisine et des rangements élaborés selon les proportions des modules. Pour le chauffage, différents types de poêles ont été conçus. Des bancs et des revêtements mur et sol pour les espaces réservés au sauna, étaient également intégrés dans le catalogue.

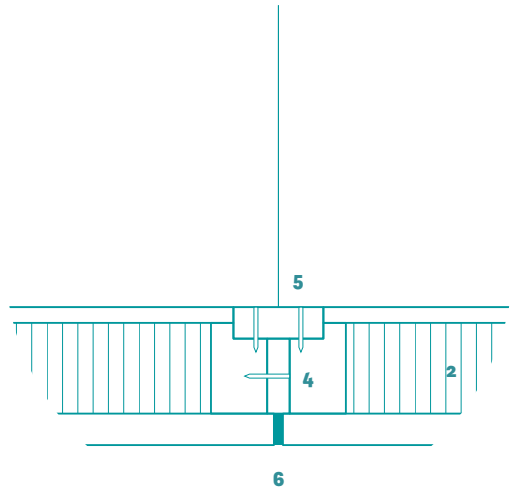
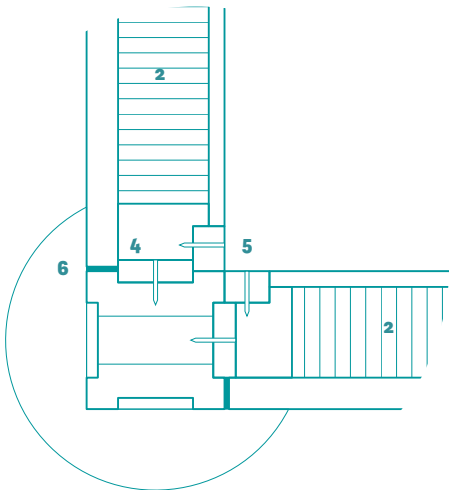
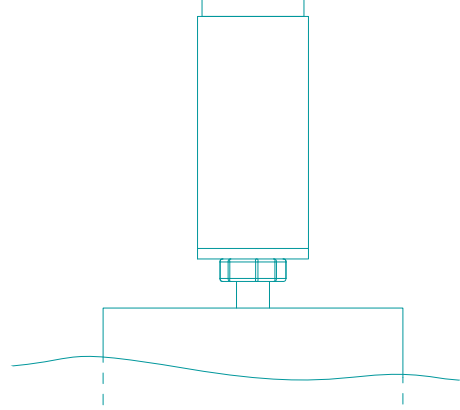
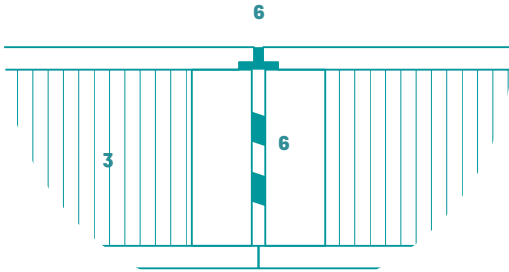
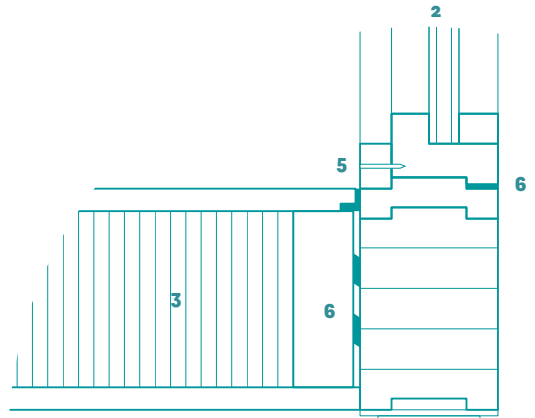
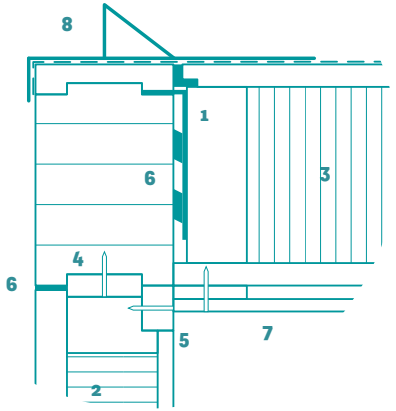


- 1** : Panneau plein Karkapan extérieur et partition intérieur
- 2** : Panneau porte opaque
- 3** : Panneau porte en verre
- 4** : Panneau fenêtres
- 5** : Panneau extérieur ajouré
- 6** : Panneau revêtement bois extérieur
- 7** : Panneau intérieur de revêtement mural

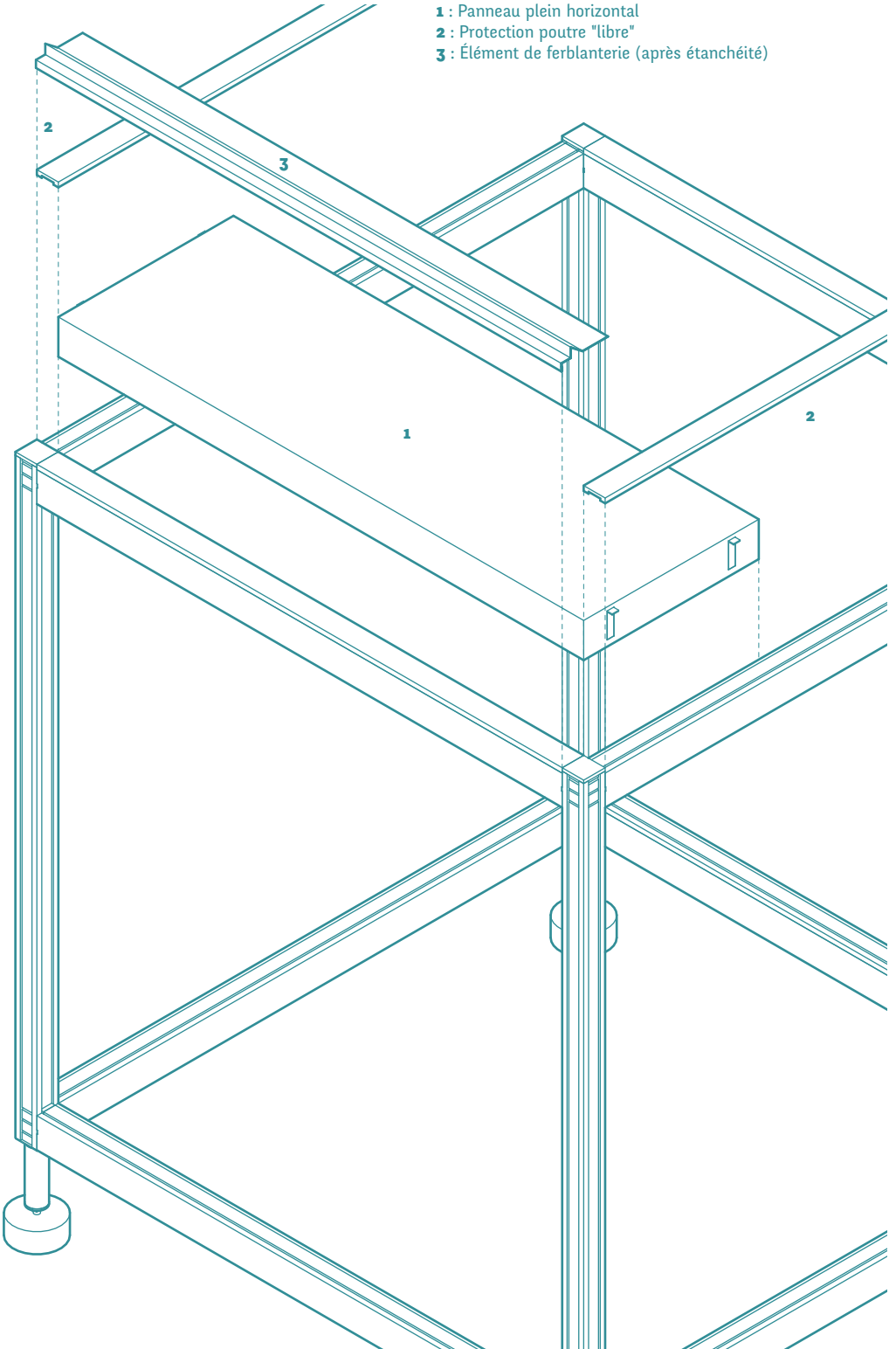


- 1 : Crochet pour panneau horizontal
- 2 : Panneau vertical
- 3 : Panneau horizontal
- 4 : Première bande de fixation
- 5 : Seconde bande de fixation
- 6 : Joint d'étanchéité
- 7 : Revêtement plafond
- 8 : Couche d'étanchéité "Hypalon"
- 9 : Élément de ferblanterie



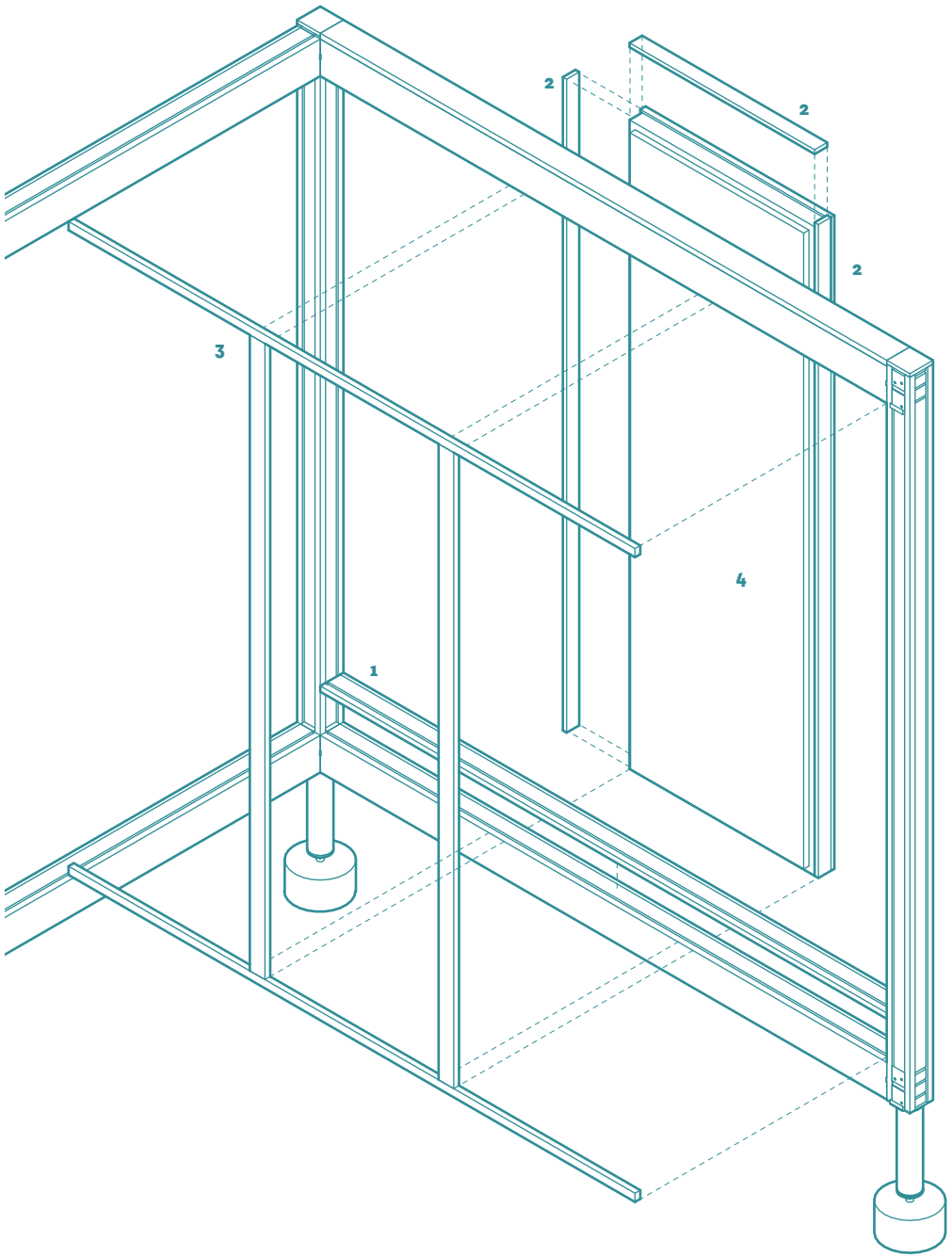


- 1 : Panneau plein horizontal
- 2 : Protection poutre "libre"
- 3 : Élément de ferblanterie (après étanchéité)





- 1 : Support de panneau à fixer sur la poutre
- 2 : Premières bandes de fixation
- 3 : Secondes bandes de fixation
- 4 : Panneau vertical plein



A titre d'exemple, j'ai choisi de modéliser le pavillon personnel de l'architecte Kristian Gullichsen. Durant le développement du projet Moduli 225, l'architecte a choisi de se construire son propre pavillon dans le jardin de sa résidence. Le bâtiment aura aussi fait office de support pour tester les différents éléments mis au point durant le développement du projet.

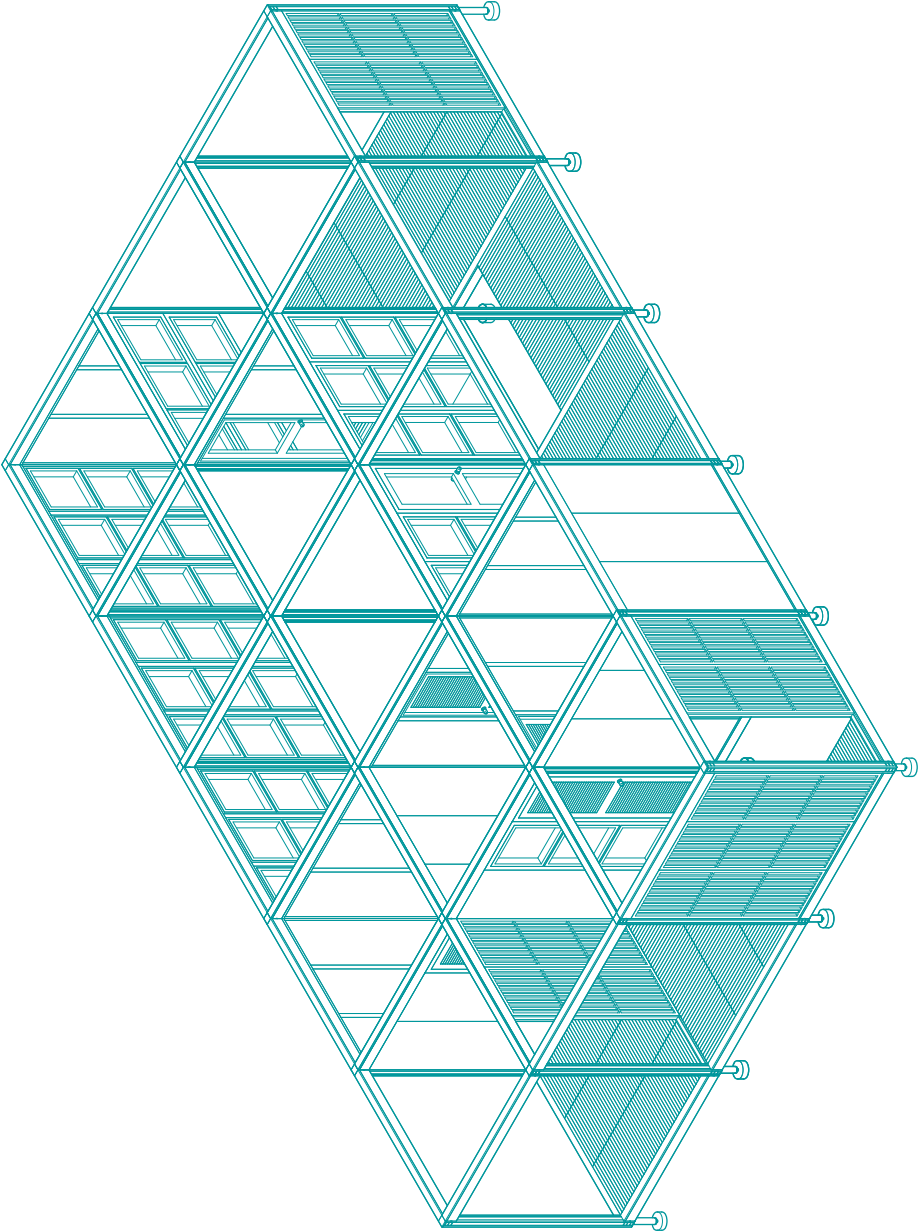
Le bâtiment se compose de 15 modules, dont sept sont réservés à des espaces extérieurs couverts.

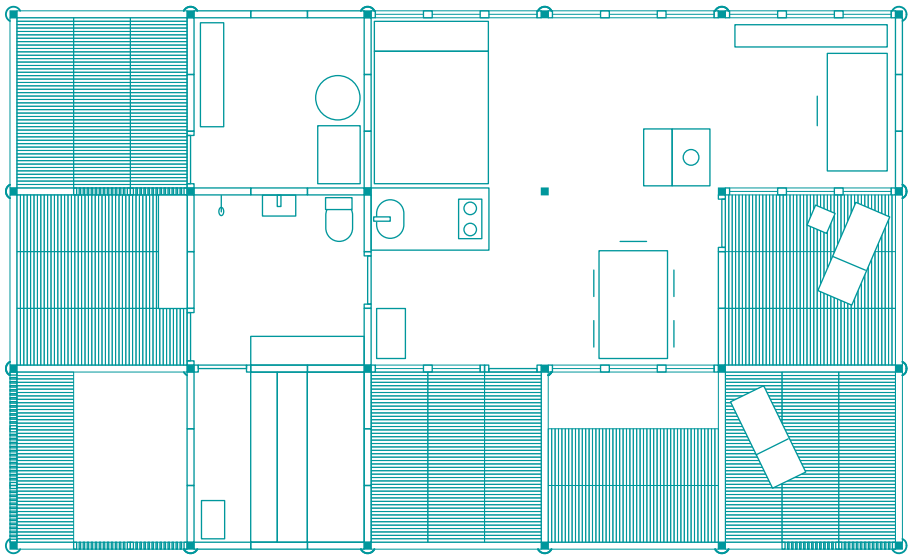
Le pavillon joue aussi le rôle de guest-house, pouvant accueillir confortablement deux personnes. L'accès se fait par la terrasse couverte et débouche dans un grand espace de cinq modules. L'espace principal comprend une kitchenette, l'espace pour un petit bureau, une salle à manger et un espace séjour.

Les trois autres modules sont des espaces fermés. Un module est consacré à la technique. Un autre accueille la salle de bain et le dernier est équipé d'un sauna.

Pavillon Moduli  
225 de Kristian  
Gullichsen, Simo  
Rista, Patrick De-  
gommier







Voulu comme un système de construction modulaire et flexible, Moduli 225 aura connu différentes applications. Présenté à l'origine comme un pavillon de vacances, certains de ses utilisateurs lui auront attribué une toute autre fonction. Un pavillon aura tenu le rôle de lieu d'exposition, un autre aura été adopté comme casino au sud de la France. Aux travers de ses différents usages, Moduli a su affirmer sa capacité à être adaptable.

Le principe modulaire qui se dégage du projet Moduli 225, se démontre aussi au niveau de sa grande facilité de montage. Les panneaux de remplissage, indépendants de la structure, offrent la possibilité d'apporter des modifications sur la durée. Et grâce à sa nature légère, les composants de la construction sont facilement démontables. Une maison Moduli 225 peut donc théoriquement être démontée, transportée, puis configurée autrement ailleurs. L'un des points forts du projet, c'est d'être conçu de sorte qu'il puisse être réutilisable. Même démonté le bâtiment reste en vie. L'autre avantage majeur, c'est sa légèreté et son impact relativement faible sur le site qui le reçoit. Dans la perspective qu'on pourrait caractériser d'utopique, et dont étaient bien conscient Gullichsen et Palasmaa, l'idée d'une maison qui puisse suivre son propriétaire reste tout de même un bel objectif, si on s'attarde sur les questions environnementales d'aujourd'hui. Sans pour autant être un but recherché par les deux architectes, le projet Moduli 225, de par sa légèreté, le très faible impact qu'il exerce sur son environnement, son matériau principal qu'est le bois et sa capacité à pouvoir être réutilisé, véhicule l'image d'un bâtiment plutôt durable.

Plusieurs pavillons Moduli 225 ont été démontés puis remontés pour être exposés, comme ce fut notamment le cas pour celui présenté au Centre Pompidou à l'occasion de l'exposition « Maison de bois » tenue en 1979. Certains bâtiments prototypes vendus ont connu des modifications et extensions au cours de leur vie.

En 2010, dans le cadre de sa thèse consacrée au projet Moduli 225, Anna-Mikael Kaila et une équipe de trois

Démontage du pavillon de Hanko,  
2010. A.-M. Kaila.



personnes se sont consacrés au démontage d'un bâtiment Moduli de six unités situé à Hanko, en Finlande. Le bâtiment fut érigé au début des années septante en tant que cabine équipée d'une sauna. Le démontage aura duré trois jours de travail, en faisant recours à quelques simples outils seulement ; une visseuse, un marteau, un pied de biche, un tournevis et un couteau. Le démontage du bâtiment fut plutôt aisé. Une fois démonté, les traces du pavillon étaient à peine perceptibles, seules les tiges filetée dépassaient encore du sol. Bien que, confronté au rude climat finlandais, certaines pièces aient été très abîmées, une grande partie était en très bon état. Il fut d'ailleurs possible pour l'équipe de remonter un petit pavillon de deux unités sur un autre site, en utilisant les pièces récupérées. Même après une quarantaine d'années de servitude, il fut possible de déplacer un bâtiment et modifier sa configuration.

En ce qui concerne les aspects techniques, la question de l'étanchéité a été négligée au profit de l'esthétique recherchée. La toiture plate et sans avant-toit n'est pas la solution à adopter dans un climat comme celui-ci. Le système d'évacuation des eaux de la toiture n'était pas vraiment au point et comme il a pu être relevé lors du démontage du pavillon de Hanko, les infiltrations d'eaux ont pu sérieusement endommager certaines parties du bâtiment. Avec une couverture plus adaptée, le pavillon aurait nettement moins subit les dégâts du temps. La finesse extrême du cadre structurel et des panneaux de remplissage a également causé des problèmes en terme de condensation.

Malgré son immense potentiel, Moduli 225 ne dépassa pas le stade de prototype et cela pour plusieurs raisons. Bien qu'il fut suffisamment abouti pour être officiellement mis en vente sur le marché, le projet fut abandonné par l'entreprise A. Ahlström Oy, qui ne l'estima pas assez rentable. La vente d'un système de maison préfabriquée reste un défi, et un grand nombre de maisons aurait dû être vendues pour être véritablement profitable à une entreprise aussi conséquente<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Gullichsen, propos recueilli par A. M. Kaila, Kaila, Moduli 225, 130.



Une autre raison évoquée serait l'aspect des bâtiments. Même si le projet soulevait la curiosité et un enthousiasme certain parmi les visiteurs qui ont pu le découvrir dans des expositions comme celle de Paris, il semblerait que son caractère général ne corresponde pas à l'image d'une maison de vacances pour un large public. Aujourd'hui, il est possible de constater qu'un bâtiment aura pu rendre quarante années de bons et loyaux services, mais pour l'époque, il n'exprimait pas forcément la solidité nécessaire et rassurante qu'il fallait retrouver dans un bâtiment érigé dans un climat aussi rude que celui de la Finlande.

Moduli 225 aura finalement été produit seulement pour un petit nombre de pavillons conçus dans un but expérimental. Néanmoins, il a pourtant su marquer les esprits. Il fut publié dans de nombreux magazines d'architecture pendant son développement et suscita encore beaucoup d'intérêt après que la compagnie ait arrêté son développement.

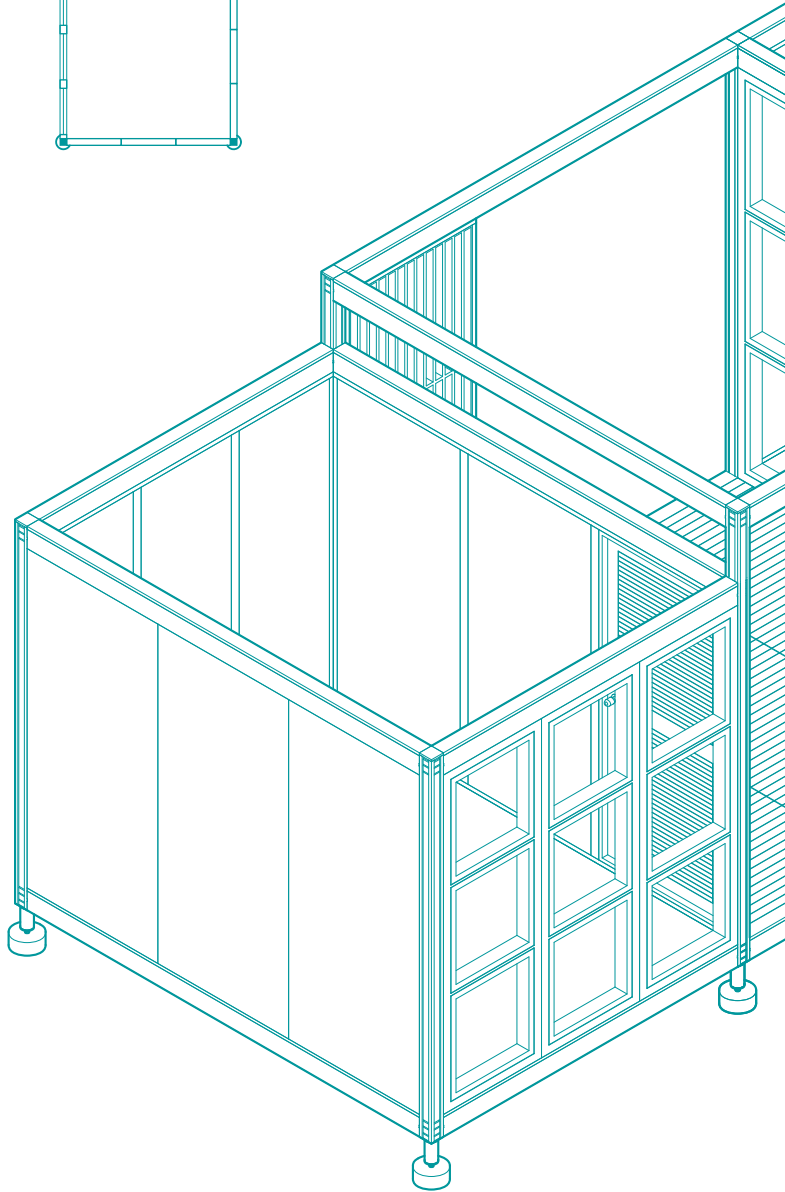
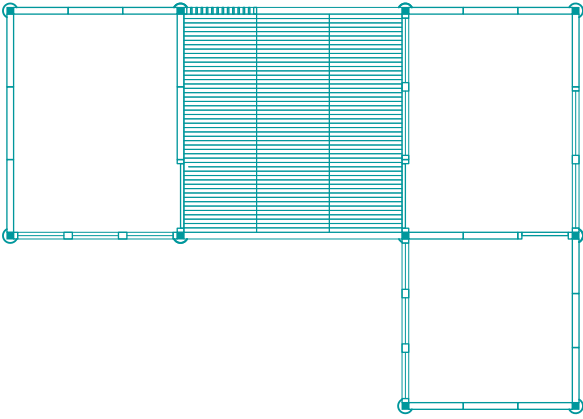
# A L'AGE DE LA MANUFACTURE NUMÉRIQUE

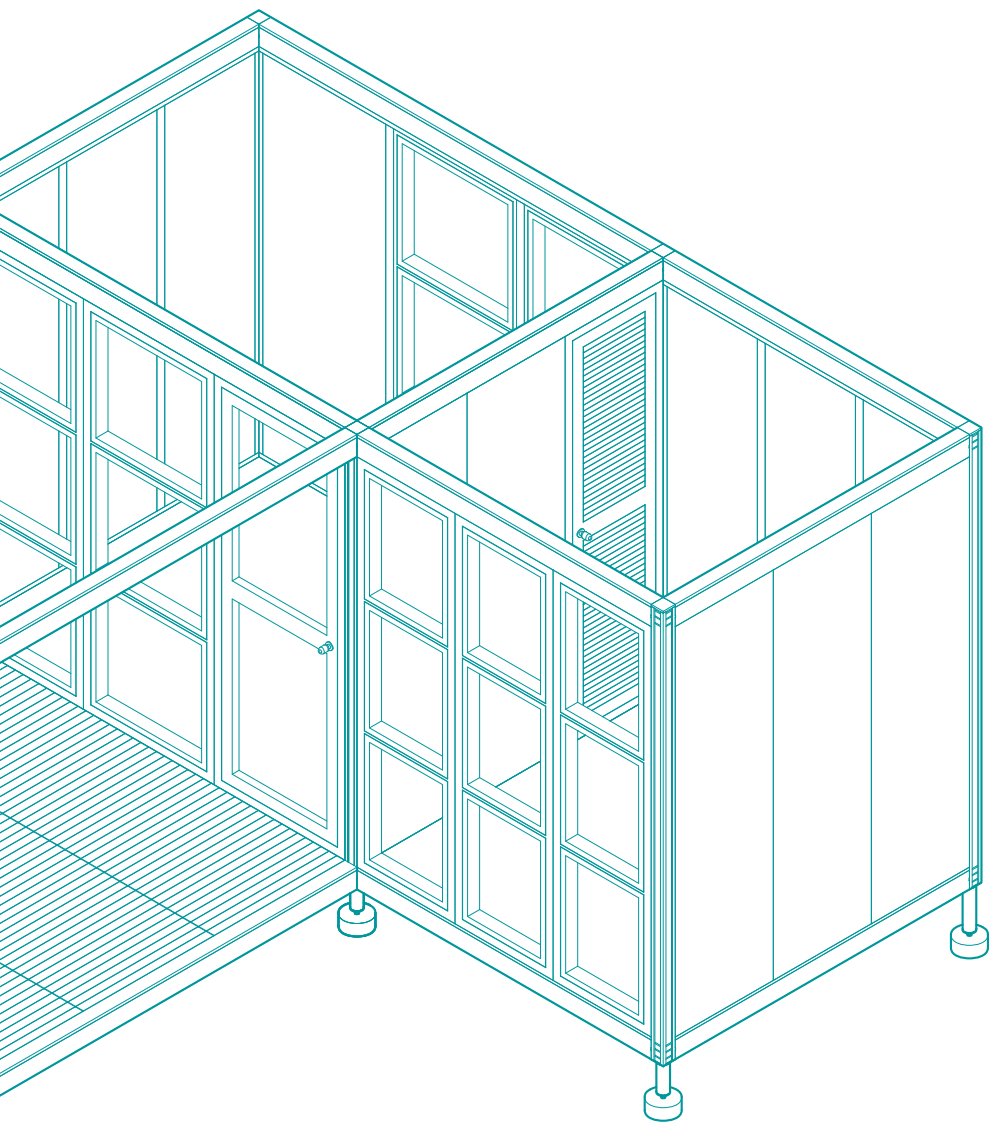
Dans le but de profiter de l'énoncé pour m'apporter un support théorique et même pratique, j'ai choisi de produire les dessins d'études du projet Moduli 225 grâce à un logiciel de modélisation. Afin de comprendre au mieux le projet dans ses détails et ses potentialités, j'ai choisi de modéliser chaque pièce de l'ensemble faisant partie du kit livré. S'apparentant à un projet modulaire, il semblait pertinent de modéliser un pavillon à l'aide d'un logiciel paramétrique. Cet outil me permet ainsi de faire décliner le projet sous différentes combinaisons. En modélisant le projet Moduli 225 de cette manière, on s'aperçoit d'avantage de son potentiel. Avec un logiciel paramétrique, il est possible non seulement de varier le nombre de modules, mais il est aussi aisé de changer leurs proportions.

Dans cet exercice, j'applique la variation au niveau des longueurs des poutres et des poteaux. En modifiant ce paramètre, les dimensions des panneaux non porteurs peuvent changer. Le module "225" n'est ainsi plus fixé et varie. Les règles s'assouplissent et Moduli peut prendre des formes différentes, la seule contrainte se limitant seulement au niveau des connexions. Le logiciel me permet d'obtenir une liberté créative supplémentaire. Bien que Moduli 225 se base sur des principes de dimensionnement strict et conçu de manière à être en harmonie avec le corps humain, l'objectif principal de ce projet d'architecture est de fournir un système adaptable. Avec le numérique et les avantages qu'il offre aujourd'hui, il est possible de faire un pas de plus vers l'objectif principal qu'est la personnalisation.

"New approaches to industrial construction, based on the application of computer-based production methods promise an increase in the amount of creative freedom associated with the end product"<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Staib, Dörrhöfer, et Rosenthal, Components and Systems, 226.





Pavillon Moduli mis en variation grâce au logiciel paramétrique.

**20** CNC = Computer Numerically Controlled

**21, 22**, Ulrich Dangel, Turning point in timber construction: a new economy (Basel: Birkhäuser, part of Walter de Gruyter GmbH, Berlin, 2017), 120.

Les évolutions que connaissent les outils de conceptualisation numériques, entraînent simultanément des progrès considérables dans le domaine industriel, ce qui par conséquent impacte fortement le champ de l'architecture et de la préfabrication. Dans un souci d'économie, d'efficacité et d'optimisation du niveau de standardisation des pièces, le travail à la chaîne a peu à peu remplacé les ouvriers par des machines et la préfabrication se base aujourd'hui presque essentiellement sur une production mécanisée et automatique des éléments de construction. Les machines à contrôle numérique CNC<sup>20</sup> ont commencé à émerger dans les années 1980. Contrairement à un système de fabrication traditionnel qui autorise seulement la production de pièces normalisées, ces nouvelles méthodes de production, rendues possible grâce à l'informatique, sont aussi bien capables de fabriquer des éléments standardisés que des pièces personnalisées et ceci sans nécessairement générer une perte de productivité ou des coûts supplémentaires<sup>21</sup>.

Les machines fonctionnent à partir de logiciel de dessin numérique CAD sur lesquels les éléments à produire sont modélisés en 3D ou 2D. La machine reproduit ensuite l'élément virtuel en transformant une matière. Si les imprimantes 3D gagnent du terrain aujourd'hui, les machines de type fraiseuses et découpeuses numériques, restent les CNC les plus répandues à l'échelle d'une véritable production industrielle. Ces outils fonctionnent selon plusieurs axes de découpe. Les plus basiques travaillent sur trois axes, X, Y et Z. Mais il existe également des machines capables de découper sur cinq axes ou plus et de réaliser des pièces très complexes pouvant comporter des courbures. Ces nouvelles machines tendent presque à remplacer totalement la main humaine. Elles ont l'avantage de réaliser un travail rapide et d'une très haute précision, permettant ainsi de réduire les tolérances pour le montage<sup>22</sup>.

Les méthodes de préfabrication évoluent et se perfectionnent. Aujourd'hui, ce n'est plus seulement un système constructif modulaire qui permet d'obtenir une variabilité comme dans le cas de Moduli 225, ce sont

également les nouvelles techniques industrielles. L'informatique et les machines à commande numérique, nous permettent d'accéder à un nouveau degré de variation et donc d'adaptabilité. En ce sens, des projets comme le "General Panel System" évoqués dans les chapitres précédents, ou Moduli 225, peuvent être considérés comme des pionniers de la personnalisation industrielle en architecture, qui aujourd'hui s'élève à un tout autre niveau. L'objectif reste le même mais les outils évoluent.

"As the promised revolution of mass customization becomes a reality – made possible by new systems of CNC cutting, which are changing the relationship between the designing hand and material production – it is worth recalling that customization is by no means a new discourse, even if the computer has changed the parameters."<sup>23</sup>

**23** Bergdoll et al.,  
Home Delivery, 13.

# LA PRÉFABRICATION A DE NOUVEAUX OBJECTIFS



Comme évoqué précédemment, le bois a été le matériau de prédilection dès l'apparition des premières formes de préfabrication. Il est une matière facile à travailler et de par son importante disponibilité et sa légèreté, il a toujours été un matériau idéal dans le domaine de la préfabrication industrielle. Comme il a été évoqué dans le chapitre consacré à Moduli 225, à cette époque, l'usage du bois dans une production industrielle devient de plus en plus marginal. L'industrie de la construction des dernières décennies a plutôt favorisé l'emploi d'autres matériaux comme le béton ou le métal, plus gourmands en énergie.

Aujourd'hui, le constat accablant du réchauffement climatique et la prise de conscience générale, poussent le domaine de la construction à trouver des solutions et des alternatives plus raisonnables. Depuis quelques années, la préfabrication en bois revient sur le devant de la scène et reflète cette volonté de construire de manière plus responsable.

Le bois présente une très bonne alternative aux autres matériaux plus répandus dans la construction. Tout en ayant gardé les propriétés qui ont fait de lui l'un des premiers matériaux adoptés par la construction industrielle, il a l'avantage de pouvoir être renouvelable. Contrairement au métal et au béton, sa production ne demande pas autant d'énergie et son empreinte carbone en est nettement réduite.

"Wood is a truly renewable building material that is unlimited in supply if its growth and harvest are sustainably managed"<sup>24</sup>

À l'origine, le recours à une production industrielle était motivé dans une perspective d'économie de temps et d'argent. De nos jours, l'industrie, qui peut encore facilement être associée à une mauvaise empreinte écologique, devient, en plus de ses objectifs initiaux, un moyen de se rapprocher des considérations environnementales.

Faire recours à des outils à commande numérique est

<sup>24</sup> Dangel, Turning point in timber construction: a new economy, 5.

un procédé permettant une utilisation plus efficace des matériaux. Il permet de réduire au mieux les déchets, le gaspillage d'énergie, mais aussi le temps alloué à la fabrication des pièces.

Le bois, à qui on semble accorder de plus en plus d'intérêt, se conforme parfaitement à ce type de procédé.

Dans le domaine de la construction en bois, les machines CNC auront contribué à transformer radicalement le commerce de son industrie.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Dangel, Turning point in timber construction: a new economy, 120.

En choisissant les bons matériaux et des procédés industriels efficaces, il devient possible de construire de manière plus responsable. Ces objectifs semblent être au cœur des préoccupations du domaine de la construction. La dernière décennie aura vu naître de nouveaux systèmes qui cherchent à tirer profit des derniers outils afin d'adopter un approche plus pragmatique et écologique.

Même si aujourd'hui il semble dépassé technologiquement, Moduli 225 est un projet que l'on pourrait qualifier de très actuel. Alors qu'il s'est vu naître dans un contexte bien différent, il tentait de répondre à des questions encore abordées aujourd'hui ; l'industrie et la préfabrication au service de l'architecture, la besoin de réduire les coûts, la réutilisation et la nécessité d'offrir un produit personnalisé issu de l'industrie, sont des préoccupations encore valables de nos jours.

Wikihouse est un système de construction préfabriquée qui, dans une certaine mesure, suit une philosophie similaire à celle de Moduli 225. Il semble nourrir les mêmes ambitions que celles de Gullichsen et Palasmaa puisqu'il cherche à démocratiser l'architecture du logement, en la rendant d'une part plus accessible sur un plan financier et d'autre part, adaptable à l'utilisateur.

Ce système propose une alternative intéressante aux constructions conventionnelles en béton. Il fait recours à l'assistance numérique et la découpe CNC dans l'élaboration de projets architecturaux. Faisant seulement usage de bois, le principe constructif se base sur un assemblage de pièces livrées en kit. Afin de rendre possible le montage à la main, l'ensemble fonctionne comme une sorte de puzzle très simple à monter.

"WikiHouse is a digitally-manufactured building system. It aims to make it simple for anyone to design, manufacture and assemble beautiful, high-performance homes that are customized to their needs."<sup>26</sup>

Les projets sont d'abord élaborés sur un logiciel 3D paramétrique, qui permet de les modéliser selon les besoins. Il est possible de réaliser n'importe quelle taille et forme de construction. La variation n'est plus seulement assurée par un module aux dimensions fixes qui sortent de l'usine comme c'est le cas de Moduli 225. Avec le logiciel, la personnalisation prend déjà naissance dans la conception numérique qui se sert du principe constructif. Suivant le projet, les pièces peuvent varier en taille; le seul élément du système qui reste immuable, c'est le

<sup>26</sup> « WikiHouse », WikiHouse, s. d., <https://www.wiki-house.cc/About>.

type de joints d'assemblage. Une fois développé virtuellement, le logiciel génère des fichiers de découpe pour les pièces du puzzle qui seront produites à l'aide d'une fraiseuse à commande numérique basique. De cette manière, le bâtiment est en quelque sorte «imprimé».

Une fois débitées, les pièces sont acheminées sur le site, pour être ensuite montées rapidement. La réalisation a pour but d'être simple et évidente, afin qu'il soit possible de construire le bâtiment soi-même. Le montage n'exige pas l'emploi d'outils spécifiques. Un simple maillet et une visseuse sont suffisants pour ériger une construction. Les pièces sont assemblées entre elles, grâce à des joints en queue d'aronde ou des petites pièces de bois, type cheville, qui les solidarisent. La construction d'une petite maison peut être réalisée par une équipe de deux ou trois personnes seulement. Dans ses principes constructifs, les assemblages sont simples et conçus de manière à pouvoir être facilement démontés. Suivant une logique similaire à celle de Moduli 225, les constructions WikiHouse peuvent facilement être modifiées et agrandies.

Le système Wikihouse adopte une approche écologique de la construction, que ce soit en terme de matériaux ou de méthode de production. Il fait seulement usage de bois et promeut l'utilisation de panneaux de contreplaqués certifié FSC<sup>27</sup>, qui respectent des exigences de durabilité et conviennent bien au recyclage. WikiHouse estime son empreinte carbone allant de 150 à 250 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> contre 350 à 500 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> pour une construction en maçonnerie classique. Il évalue également un pourcentage de matériaux réutilisables après démolition, à hauteur de 90% contre 10% pour une construction en béton ou en brique.<sup>28</sup>

WikiHouse présente également des avantages considérables liés à la conception numérique. Autrefois, les usines produisaient des pièces standardisées qui étaient expédiées dans le monde en grande quantité. Aujourd'hui, grâce aux machines numériques, il devient possible de renverser le processus. Ce ne sont plus

**27** Forest Stewardship Council, in Wikipédia, 5 décembre 2019.

Le Forest Stewardship Council (FSC, Conseil de Soutien de la Forêt) est un label environnemental, dont le but est d'assurer que la production de bois ou d'un produit à base de bois respecte les procédures garantissant la gestion durable des forêts.

**28** « WikiHouse », WikiHouse, s. d., <https://www.wiki-house.cc/About>.

nécessairement les éléments de bois préfabriqués qui ont besoin d'être transportés, mais les fichiers qui permettent de les produire. Ainsi, les productions peuvent être spécifiques à chaque projet et décentralisées. Les pièces peuvent être débitées à proximité des sites de constructions, chez le fabricant le plus proche. Cette stratégie évite ainsi une logistique plus coûteuse en temps et en argent, tout en réduisant le transport et la pollution qu'il génère. De cette manière, il devient aussi possible de construire avec du bois produit localement.

WikiHouse, comme son nom l'indique, a pour objectif de partager gratuitement cette technique, c'est pourquoi ses concepteurs ont choisi de laisser le système de construction en «open source». Autrement dit, le système et les fichiers des éléments à découper sont mis à disposition par le biais d'internet. De cette manière, tout le monde peut s'en servir, afin d'élaborer son propre projet et partager ses résultats. WikiHouse produit seulement un savoir et une technique qu'elle laisse en libre usage. Comme Moduli 225, ce système de construction ne nous dit pas ce qu'il faut faire, mais comment il est possible de faire. Même s'il n'y a aucun lien apparent entre Moduli 225 et Wikihouse, le nouveau système de construction pourrait être en quelque sorte une évolution contemporaine dans ses principes.

Pour des systèmes comme WikiHouse, c'est aussi un pari sur la démocratisation de ce type de technologies, qui semble déjà bien amorcée. Aujourd'hui, les machines CNC comme les fraiseuses numériques, deviennent de plus en plus disponibles. Leur taille s'adaptent à une production plus artisanale et leur prix évoluent à la baisse. Les petits ateliers et entreprises s'équipent plus facilement de ce type d'outils qui ne sont dorénavant plus seulement réservés aux grandes usines. WikiHouse mise alors plutôt sur des productions par "micro-factories", permettant d'utiliser le web et le numérique à son avantage afin de produire plus localement.

Farmhouse  
Warwickshire, UK  
2017  
Architecture 00



"But what if we could also set up digital microfactories for a fraction of the cost: a network of local manufacturers, sharing common solutions using the web? A distributed, flexible supply chain."<sup>29</sup>

**29** « WikiHouse », WikiHouse, s. d., <https://www.wiki-house.cc/About>.

Cette démocratisation des outils numériques semblent déjà bien engagées. Les deux dernières décennies témoignent de l'intérêt majeur qu'elles suscitent et leur adoption grandissante, notamment avec l'apparition d'un nouveau mouvement nommé «FabLab», basé sur l'utilisation de ce type de machines. Se revendiquant comme de véritables laboratoires de fabrication, ils s'équipent de différents types d'outils numériques, imprimantes 3D, découpeuses laser, fraiseuses et autres, qu'ils mettent à la disposition de chacun, afin d'offrir les moyens de réaliser des projets personnels. Le concept né au MIT au début des années 2000, s'apparente donc à un réseau grandissant de laboratoires répandus dans le monde, qui cherchent à démocratiser les machines CNC et partager les savoir-faire. On dénombre à ce jour environ 1'200 FabLab dans 80 pays<sup>30</sup> dont 16 en Suisse.

**30** IMAGINE, « The Fab City movement: Connected and self-sufficient », SPACE10, s. d., 48.

Dans cette dynamique, WikiHouse cherche à promouvoir cette technique de manufacture numérique industrielle. Les architectes modernes ont pu, grâce à l'industrie, élaborer des solutions pour répondre aux crises du logement. Aujourd'hui, un système contemporain cherche à anticiper les futurs problèmes socio-économiques et environnementaux qui toucheront le domaine du logement. Il tente de tirer profit au maximum de la technologie et de l'industrie dans le préfabriqué, afin de pouvoir construire de manière flexible, économique et écologique.

# CONCLUSION



Les architectes ont toujours cherché à se saisir de l'immense potentiel que sont l'industrie et la technologie. Dès sa révolution, elle aura considérablement bouleversé la manière de concevoir l'architecture. Elle aura contribué à motiver les architectes à rechercher des solutions aux problèmes économiques et sociaux, et concevoir des stratégies aptes à répondre à ces nécessités. Mais elle fut également un moyen d'étendre la potentialité des projets d'architecture et le degré de créativité des architectes.

Aujourd'hui, notre rythme de vie s'est considérablement accéléré et exige toujours plus de performances. L'industrie et la technologie auront contribué à la fois à nous fournir des solutions, mais également à nous conditionner à plus d'exigence en matière d'efficacité, et cela parfois au détriment de l'environnement.

En architecture, la préfabrication a gardé les mêmes objectifs qu'à ses débuts, mais elle inclut désormais un autre paramètre. Comme elle a pu nous le démontrer, elle cherche aussi à répondre aux nouveaux enjeux en matière d'environnement. Qu'il s'agisse de la minimisation des déchets, une attention particulière dans l'emploi des matériaux ou la technique de production, le domaine de la construction préfabriquée tente tant bien que mal d'être plus "durable".

La technologie a su prouver qu'elle pouvait nous apporter des solutions; toutefois, il faut savoir rester critique. Une construction "écologique" ou durable issue d'une production industrielle, ne le sera jamais autant qu'une simple cabane en bois construite à la sueur du front. Dans une certaine mesure, la technologie investie dans la construction permet aujourd'hui surtout de concilier les objectifs initiaux d'une production industrielle, à savoir une économie de temps et de moyens, avec les considérations environnementales.

Les nouveaux types de systèmes de constructions préfabriquées comme WikiHouse, nous démontrent que l'usage d'outils numériques et de matériaux comme

le bois, semblent avoir un avenir prometteur dans la construction. Si nous savons en faire bon usage, cela pourra nous permettre de réduire au mieux l'impact que peut avoir la construction sur l'environnement.

L'architecture préfabriquée pourrait aussi être une manière de construire en étant conscient du caractère "éphémère" d'un bâtiment. Penser à un assemblage efficace, peut aussi bien être l'occasion de raisonner sur son démontage. De nos jours, les bâtiments sont construits comme s'ils allaient durer pour toujours et les matériaux qui les composent ne sont pas facilement recyclables.

La perspective d'une architecture préfabriquée, associée aux nouvelles technologies dont nous disposons, nous permettent de construire de manière pragmatique et écologique. Comme il a été évoqué dans cet écrit, ces besoins se manifestent depuis plusieurs décennies déjà. L'industrie et l'architecture s'allient afin d'être en mesure d'élaborer des solutions capables de répondre aussi bien à la demande, qu'aux enjeux écologique.



# UN PROJET

Afin d'utiliser les connaissances et les techniques que j'ai pu assimiler durant le développement de mon énoncé théorique, j'ai choisi d'orienter mon projet dans l'élaboration d'un petit refuge de montagne préfabriqué.

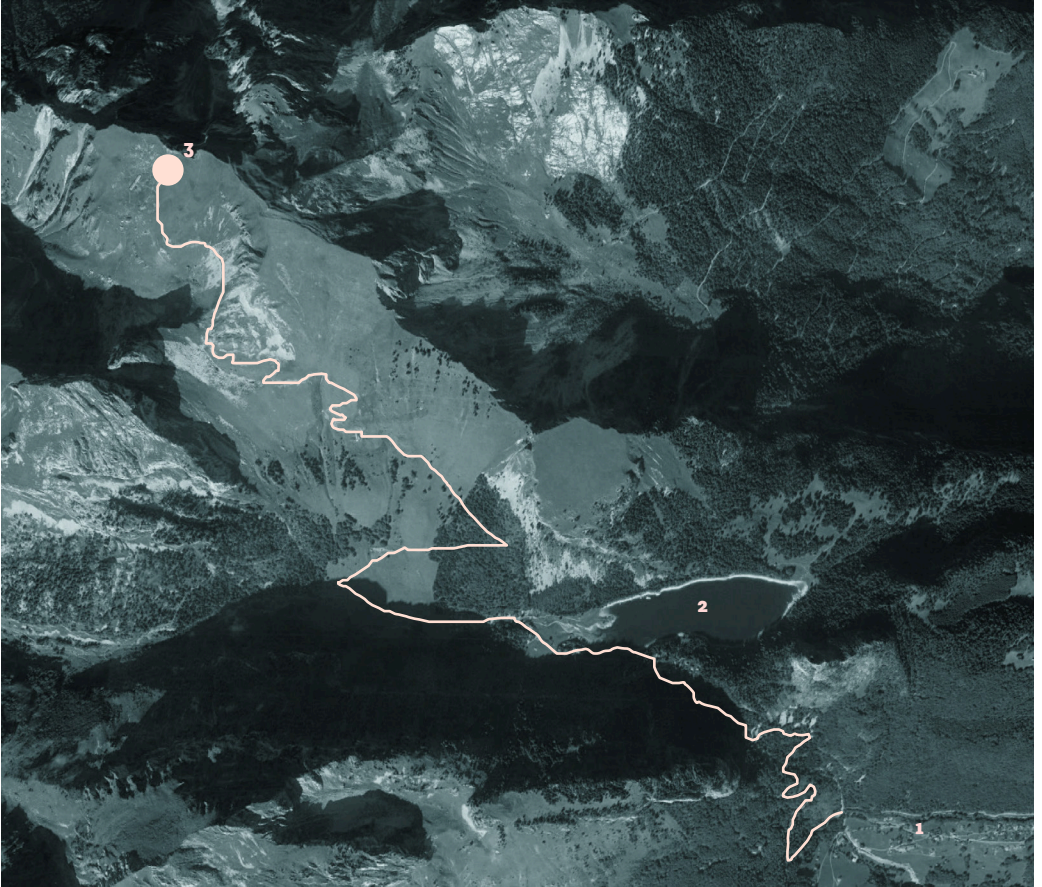
Pour un projet de bâtiment préfabriqué, il me semblait pertinent de choisir un site pour lequel une solution de bâtiment en kit soit tout indiqué. En s'installant sur un site de montagne, pouvant être difficilement accessible, il est imposé à la construction de pouvoir être facilement érigée et sans l'aide de machines spécifiques. Etant moi-même un adepte de montage et de randonnée, j'ai choisi de réaliser un bâtiment, qui puisse accueillir des randonneurs. En se tenant dans les hauteurs, il permet aux visiteurs de pouvoir profiter d'un lieu et expérimenter une nuit en altitude dans un endroit isolé. La cabane de montagne serait un refuge, mais également un point d'observation pour les visiteurs.

La montagne est pour moi un lieu fascinant que je ne me lasse pas d'observer. Parmi les lieux qui ont pu marquer mes souvenirs, je compte le sommet du Grammont. Situé dans le canton du Valais, il se tient à la pointe du lac Léman et fait partie du massif du Chablais. Il domine la petite ville côtière de St-Gingolphe et a la particularité d'offrir un panorama exceptionnel sur les rives vaudoises du lac Léman.

A pied, il est possible d'atteindre le Grammont en partant depuis le petit village de Miex. Une heure de marche est nécessaire pour atteindre le lac de Taney, situé au pied de la montagne, à 1400m d'altitude. A cet étape, les Jumelles sont déjà visibles en se dressant fièrement comme les gardiennes de la vallée. Il faut ensuite deux heures de marche supplémentaires pour atteindre le sommet. La route grimpe en serpentant le long du versant sud jusqu'à atteindre le col des Crosses, surveillé par les Jumelles et la pointe du Grammont. Une fois arrivé à destination, la montagne nous récompense l'effort fourni en nous offrant une vue imprenable sur le lac Léman et les sommets avoisinants.



- 1 Village de Miex
- 2 Lac de Taney
- 3 Sommet du Grammont



J'ai choisi ce site dans la mesure où c'est un lieu isolé, mais qui reste tout de même accessible pour circuler avec un véhicule. En ayant accès par la piste carrossable, il serait donc possible de pouvoir acheminer les éléments de construction sur le site, plutôt facilement.

Lors de ma récente visite, je n'ai malheureusement pas pu atteindre le sommet à cause de la neige. En hiver, la route qui mène au sommet n'est pas praticable pour les véhicules. Dans les mois plus chauds en revanche, il est possible pour des véhicules adaptés d'emprunter cette route pour rejoindre le chalet des Crosses du versant sud, et le chalet du Pêcheux situé en contre-bas du sommet.

Étant sensible à l'approche écologique du bâtiment, j'ai choisi de faire recours aux techniques évoquées dans l'énoncé, dans le but de réaliser un projet issu d'un processus industriel, qui puisse minimiser son impact environnemental. Le projet aura aussi pour but de démontrer la potentialité des démarches et outils que l'on peut utiliser aujourd'hui, afin de construire de manière plus pragmatique et écologique.

Le projet sera conçu majoritairement à partir de panneaux de bois contreplaqués. Les pièces qui le constituent seront découpées à l'aide d'une fraiseuse CNC basique. Le projet sera l'occasion d'élaborer un système d'assemblage ingénieux et simple, afin que les composants, une fois acheminés sur site, puissent être montés rapidement et facilement.

Le bâtiment en bois, conçu selon un processus durable et bon marché en ce qui concerne les matériaux, aurait également pour but d'établir une relation de respect avec le site naturel qui l'accueille au travers des objectifs écologiques visés par la construction.

Selon une philosophie similaire à celle de Moduli 225, le bâtiment pourrait être facilement démontable, de sorte qu'il puisse changer de lieu et laisser intact le site qu'il aura occupé un certain temps.





En été la route est suffisamment large pour circuler. Elle serpente jusqu'à passer le col des Crosses et se termine à proximité du sommet, au chalet du Pêcheux.



Point de vue depuis  
le sommet.  
(photo 2017)

Comme le décrit Robert Kronenburg dans son ouvrage "Flexible: une architecture pour répondre au changement";

"Une construction flexible pourrait-être de l'architecture en tant qu'installation assemblée sur un site à un moment particulier dans un but particulier[...] Ce pourrait être une structure posée légèrement sur le paysage de nos villes et de nos campagnes, au lieu d'y avoir ses fondations, et qui permette à l'environnement physique de subsister alentour, subtilement ou peut-être juste temporairement affecté par sa présence. Ce pourrait être une maison qui interagisse avec le paysage alentour dans un sens moins classique et qui devienne un événement plutôt qu'un objet."<sup>31</sup>

**31** Robert Kronenburg, Flexible: une architecture pour répondre au changement (Paris: Norma, 2007), 11.

Bergdoll, Barry, Peter Christensen, Ron Broadhurst, Exhibition Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling, et The Museum of Modern Art, éd. ; [Published in Conjunction with the Exhibition « Home Delivery: Fabricating the Modern Dwelling », at The Museum of Modern Art, New York, July 20 - October 20, 2008]. Berlin Basel: Birkhäuser, 2008.

Dangel, Ulrich. Turning point in timber construction: a new economy. Basel: Birkhäuser, part of Walter de Gruyter GmbH, Berlin, 2017.

Galerie Jousse Seguin, Galerie Enrico Navarra, Jean Prouvé, et Nathalie Prat, éd. Jean Prouvé. Paris: Galerie Jousse Seguin, 1998.

IMAGINE. « The Fab City movement: Connected and self-sufficient ». SPACE10, s. d.

Kaila, Anna-Mikaela. Moduli 225: A Gem of Modern Architecture. Aalto University Publication Series, 2016,2. Helsinki: Aalto University School of Arts, Design and Architecture, Aalto Arts Books, 2016.

Kramer, Sibylle. Nomadic Living: Relocatable Residences. 1st edition. Salenstein: Braun, 2018.

Kronenburg, Robert. Flexible: une architecture pour répondre au changement. Paris: Norma, 2007.

Houses in motion: the genesis, history, and development of the portable building. London : New York, NY: Academy Editions ; Distributed to the trade in the U.S. by St. Martin's Press, 1995.

Schneider, Tatjana, et Jeremy Till. Flexible housing. 1st ed. Amsterdam ; Boston: Architectural Press, an imprint of Elsevier, 2007.

Staub, Gerald, Andreas Dörrhöfer, et Markus J. Rosenthal. Components and Systems: Modular Construction: Design, Structure, New Technologies. 1st ed. München :

Basel [Switzerland] ; Boston: Edition Detail, Institut für internationale Architektur-Dokumentation ; Birkhäuser, 2008.

WikiHouse. « WikiHouse », s. d. <https://www.wikihouse.cc/About>.