

The background image shows a modern, multi-story residential building. The facade is heavily clad in light-colored wood, with vertical slats and horizontal panels. Several balconies are visible, each with a dark metal railing. The building's design is characterized by clean lines and a warm, natural aesthetic. The text is overlaid on the upper portion of the image, centered horizontally.

# Le rôle du bois dans les immeubles de logements collectifs en Suisse



EPFL - Ecole polytechnique fédérale de Lausanne  
Département d'architecture  
Énoncé théorique 2017/2018

directeur d'énoncé théorique  
directeur pédagogique  
maître EPFL

Professeur Bruno Marchand  
Professeur Yves Weinand  
Alexandre Aviolat

étudiante

Coralie Comte

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| 1. Introduction .....                              | 7  |
| 2. Etat des lieux                                  |    |
| 2.1. Historique des systèmes de constructions..... | 16 |
| 2.2. Constructions contemporaines .....            | 23 |
| 2.2.A. Construction en ossature.....               | 24 |
| 2.2.B. Construction en poteaux-poutres.....        | 27 |
| 2.2.C. Construction en bois massif.....            | 28 |
| 3. Méthodologie                                    |    |
| 3.1. Questions .....                               | 34 |
| 3.2. Méthode .....                                 | 36 |
| 3.3 Outils d'analyse .....                         | 37 |

|                                                            |         |
|------------------------------------------------------------|---------|
| 4. Le rôle du bois dans les immeubles : étude de cas ..... | 39      |
| 4.A.1. Le bois en hauteur pour la première fois .....      | 42      |
| 4.A.2. Le bois au service de la rationalité .....          | 58      |
| 4.A.3. Le bois au service de la modularité .....           | 74      |
| 4.B.1. Le bois qui ne veut pas se révéler .....            | 90      |
| 4.C.1. Le bois qui se cache en ville .....                 | 104     |
| 4.B-C.2. Le bois qui dirige les logements .....            | 120     |
| 4.4. Lecture croisée .....                                 | 137     |
| <br>5. Conclusion .....                                    | <br>147 |
| <br>Bibliographie .....                                    | <br>155 |
| <br>Annexes                                                |         |
| entretien avec Philippe Bonhôte, architecte .....          | 160     |
| entretien avec Kathrin Merz, architecte .....              | 166     |
| entretien avec Mathias Heinz, architecte .....             | 168     |
| <br>Illustrations .....                                    | <br>175 |
| <br>Remerciements .....                                    | <br>181 |



# 1. Introduction

«Le XIX<sup>e</sup> fut le siècle du fer, le XX<sup>e</sup> celui du béton, le XXI<sup>e</sup> sera-t-il celui du bois ?»

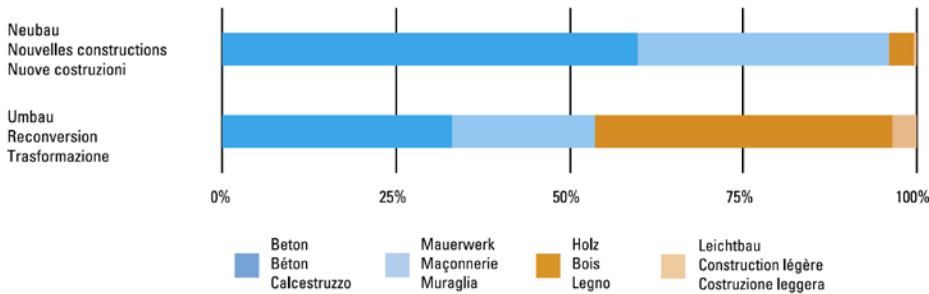
Cette question, posée dans un article du magazine «d'architectures» en 2016, souligne l'importance actuelle croissante du bois dans la construction (Namias, 2016, p. 42). En Suisse, la proportion des constructions neuves en bois augmente d'année en année, même si leur proportion dans le parc bâti ne dépasse pas quelques pourcents. L'utilisation du bois pour les surélévations connaît par contre un fort engouement, de par sa légèreté et sa facilité de mise en œuvre. Entre 2009 et 2015 par exemple, la part des structures en bois dans les immeubles collectifs construits a augmenté de 73%, démontrant une progression importante de l'utilisation du bois, malgré des proportions qui restent faibles en regard de toutes les constructions (Fischer, Manser & Meier, 2016, p. 4).

Mais quelles sont les raisons de ce récent regain d'intérêt pour un matériau qui a somme

toute toujours participé à la construction de notre environnement ? En plus d'explorer l'historique des structures en bois, le but de ce travail est de faire un état des lieux actuel de la construction d'immeubles de logements collectifs en Suisse. Ma recherche se fait en parallèle d'autres travaux menés sur le bois, comme le développement des filiales d'ingénierie bois, les innovations constructives, le développement de la préfabrication industrielle et la complexité des formes rendue réalisable grâce à l'ère numérique.

Le regain d'intérêt des années 1990 pour le bois et son utilisation en architecture peut s'expliquer par différents facteurs. Le plus souvent cité a trait aux propriétés durables et écologiques du bois. En Suisse, où le tiers du territoire national est occupé par la forêt, un volume de 10 millions de m<sup>3</sup> de bois pousse chaque année (Denzler, 2015, p. 29). L'utilisation du bois permet d'emprisonner dans les constructions des tonnes de CO<sub>2</sub>, alors qu'à l'inverse, la production de béton par

Mehrfamilienhäuser | Immeubles d'habitation collectifs | Case plurifamiliari



Parts de marché dans la construction de logements, premier trimestre 2015  
Selberherr & Meier, 2015, p. 24



Une utilisation emblématique du bois comme structure  
Ecole du bois à Bienne, par Meili & Peter, construction 1997-1999



Immeuble de logements pour étudiants à la Ciguë, Genève  
Bonhôte et Zapata, 1997-1998

exemple dégage des gaz à effet de serre. Cette propriété de la construction en bois permet de trouver un compromis environnemental entre le réchauffement climatique et le nombre en constante augmentation de bâtiments construits. L'énergie grise est également devenue un critère décisif qui peut être amélioré grâce à l'utilisation d'une structure en bois. Cette dernière répond à des exigences élevées en matière de recyclage par exemple; les déchets du bois utilisé peuvent être mis à profit pour une autre utilisation. Les possibilités de recyclage peuvent alors s'avérer décisives dans le choix d'une structure en bois. Ces stratégies abordent une logique opposée à celle des constructions en maçonnerie qui ont prévalu pendant des décennies.

Le recours au bois ne se fait pas exclusivement en regard de considérations environnementales. Les techniques numériques utilisées actuellement pour les calculs statiques et la production en usine des structures en bois permettent une amélioration constante des méthodes de construction, et l'exploration de formes géométriques plus complexes. La préfabrication joue un rôle prépondérant dans la liste des avantages de la construction en bois par rapport aux techniques en maçonnerie. Elle apporte une grande précision dans l'exécution des divers éléments, ainsi qu'un temps de chantier qui peut être réduit. En effet, selon les propos d'Yves Weinand cité dans le magazine *T* : « Avec le bois, tout peut se monter en une seule phase, en kit. De quoi réduire la durée de réalisation par deux. » (Dessibourg, 2017, p. 72).

De plus, l'assemblage des éléments en bois ne nécessite pas autant de place qu'un chantier traditionnel. En limitant le montage sur le chantier, ce dernier a moins d'impact sur son environnement, ce qui peut être très apprécié en milieu urbain.

Les avantages du bois vont au-delà de ses qualités de durabilité et de mise en œuvre. Plutôt qu'une réinterprétation des constructions rurales et anciennes en bois, les structures actuelles tirent profit des technologies pour donner au bois une signification et des spatialités nouvelles (Lucan, 2011, p. 150). Le bois en ville était par exemple une tendance à adopter ouvertement dans les années 1990, comme le confirme Philippe Bonhôte, architecte à Genève, à propos de la construction de l'îlot 13 pour la Ciguë en 1997 : « On voyait cela comme le retour du bois dans la ville. Il y avait là vraiment une volonté de faire du bois pour exprimer ce genre de bâtiments en bois, qui sont souvent des bâtiments plus bas (...). Il y avait vraiment cette volonté d'exprimer le bois. » (entretien à Genève, le 16 novembre 2017). L'utilisation du bois était alors non seulement réintroduite en ville, mais également réinterprétée pour des contextes plus urbains, avec l'aide des innovations technologiques facilitant l'emploi de ce matériau.

Si l'impact positif du bois sur l'environnement a joué un rôle prépondérant dans le retour du bois dans la construction suisse de ces vingt dernières années, Jacques Lucan précise déjà

en 2001 que «construire en bois, c'est encore attendre de son utilisation la création d'une ambiance, d'un climat réunissant chaleur et tactilité d'un matériau qui, de plus, peut être d'une senteur forte et agréable» (Lucan, 2001, p. 150). En plus de ses qualités durables, le bois a la capacité d'éveiller plusieurs de nos sens : le toucher avec sa texture chaude et rugueuse, la vue avec son esthétique naturelle qui peut se modifier au fil du temps, et l'odorat avec sa senteur particulière. L'ouïe pourrait même être ajoutée à cette liste si on tient compte que le bois est un matériau qui travaille en fonction de son environnement et de sa mise en œuvre, pouvant aller jusqu'à émettre des craquements caractéristiques dans ces constructions. Ces particularités, qu'on retrouve dans les maisons suisses traditionnelles, donnent au bois une dimension chaleureuse favorablement accueillie dans les milieux urbains, et qui apporte aux logements un confort de qualité, améliorant la santé et le bien-être des usagers (Selberherr & Meier, 2016, p. 13).

Les normes incendies suivent cet engouement pour le bois en s'assouplissant depuis peu en sa faveur. En Suisse, depuis 2005, les immeubles en bois jusqu'à six niveaux sont autorisés, à condition d'en revêtir la structure, par rapport aux deux niveaux autorisés auparavant. Depuis 2015, seule la structure dans les noyaux de circulation des immeubles jusqu'à trente mètres doit être recouverte, donnant ainsi la possibilité au bois de se révéler dans les

logements. Actuellement, plusieurs exemples de voies d'évacuation en bois existent à petite échelle ; mais la plupart de ces circulations verticales restent construites en béton armé (selon entretien avec Yann Favre, chez A. Berrut SA, constructeur bois à Collombey (VS), le 13 novembre 2017).

Ainsi, un panel quasi illimité de possibilités s'ouvre avec l'utilisation du bois comme matériau de construction porteur. C'est maintenant aux architectes d'exploiter ces possibilités afin de laisser de côté l'image rustique et rurale du matériau pour l'adapter à l'image de la ville (Selberherr & Meier, 2015, p. 26). Le présent travail va tenter de mettre en évidence à la fois les possibilités offertes par le bois pour les immeubles de logements à plusieurs étages, mais également une sélection de partis pris par différents concepteurs dans des contextes variés. Ces exemples pourront nous aider à comprendre les incidences d'une structure en bois sur les logements, ainsi que sur l'expression architecturale des édifices abordant un système porteur en bois. Ainsi, on observera si, comme le précise Patrick Molinié dans des propos relatés dans un article de *d'A*, «changer de matériau, c'est devoir complètement changer ses façons de penser» (Namias, 2016, p. 45) ou si un bâtiment construit en bois reprend les mêmes codes que la construction traditionnelle.



Une réalisation entièrement en bois  
Pavillon du Théâtre de Vidy, par le laboratoire iBois de l'EPFL, construction : 2017



## 2. Etat des lieux

Afin de comprendre au mieux l'usage du bois dans les édifices actuels, il est important de revenir sur l'historique de la construction des structures en bois. Ce matériau, disponible dans la nature et utilisable sans user de grands moyens, est un des premiers à avoir été mis en œuvre pour construire un abri à l'homme.

Actuellement, la construction en bois est portée par la modélisation numérique des structures et de leur comportement statique. Ces nouvelles méthodes élargissent le champ des possibles du matériau, que ce soit en lui donnant la possibilité d'aborder une géométrie tridimensionnelle complexe ou de fabriquer industriellement ses composants. Au nombre de trois, les méthodes de constructions actuelles utilisées pour les immeubles à plusieurs étages se basent néanmoins sur des principes traditionnels auxquels ce chapitre est consacré.

## 2.1 Historique des systèmes de construction

### Les constructions en bois empilé

Plusieurs types de mise en œuvre du bois se développent suivant les régions et les périodes historiques. La construction en bois empilé, soit en madriers ou en rondins empilés, se généralise dans les larges territoires boisés d'Europe dont elle tire sa matière première. Ces techniques sont importées en Amérique du Nord avec l'arrivée des colons, avant que l'ère industrielle et les progrès qu'entraîne cette dernière ne permettent d'y développer d'autres techniques dès la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle. Principalement dédiées aux maisons individuelles, les constructions en bois empilé sont aujourd'hui essentiellement réalisées en régions montagneuses (Kolb, 2010, p. 50). En Suisse, elle n'est pas très employée pour l'habitation.

### Les maisons à colombage

La construction de maisons à colombage est employée en Europe dès le XII<sup>e</sup> siècle. Contrairement aux constructions massives en rondins, les constructions à ossature sont composées de poteaux de faibles dimensions. Les maisons à colombage se distinguent par des façades en montants de bois dont les espaces intercalaires sont remplis de maçonnerie, tandis que les montants en bois ne sont pas recouverts et restent donc visibles à l'extérieur. Le contreventement est assuré par des montants en bois placés



Le Grand Chalet, à Rossinières (VD) : le plus grand édifice habitable en bois de Suisse, avec ses quarante chambres sur six étages



Maisons à colombage dans le village de Marthalen (ZU)



Maison à colombage dans le village de Nebikon (LU)

## Les systèmes aux Etats-Unis

Platform-frame :  
étage par étage



Balloon-frame :  
sur la hauteur du bâtiment



en diagonale entre les montants verticaux ; le remplissage en maçonnerie n'assure donc pas de fonction statique (Kolb, 2010, p. 56). Le colombage par la «méthode des bois longs», la plus ancienne méthode, requiert des poteaux d'angle continus sur toute la hauteur de la construction. La longueur des montants doit donc correspondre au gabarit de la maison, limitant ainsi la hauteur de cette dernière.

Alors que l'aspect des constructions en rondins est dominé par le bois, qui demeure apparent en façade et à l'intérieur, la structure des constructions en colombage reste apparente mais associée à un autre matériau. Les montants et les sablières en bois présents à chaque étage sont mis en évidence, créant ainsi une structuration formelle des façades. Le remplissage en maçonnerie enduite placé entre ces montants induit un contraste entre les différents matériaux et dévoile explicitement la structure en bois du bâtiment présente en façade.

Pour parer à la difficulté de mise en œuvre de ces poteaux longs et de large section, la «méthode des bois courts» se développe au XV<sup>e</sup> siècle pour les maisons en colombage. La longueur des montants se limite alors à la hauteur d'un étage, ce qui évite l'utilisation de pièces de trop grandes dimensions. Permettant la construction en encorbellement, cette méthode est dès lors fréquemment utilisée en milieu urbain jusqu'au XVI<sup>e</sup> siècle.

## L'ossature en balloon-frame

Inspirée de la méthode des bois longs et portée par le développement de l'industrie et des transports aux Etats-Unis au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, l'ossature en balloon-frame rassemble des montants sciés de petite section et de la hauteur de la construction. Ces constructions sont toujours limitées par la longueur maximale qui peut être donnée aux montants verticaux, qui sont cloués entre une lisse basse et une lisse haute, soit deux planches horizontales. Contrairement aux colombages, une couche supplémentaire doit être rajoutée sous forme de planches contre les montants afin de garantir à la structure un contreventement suffisant. L'ossature est ensuite totalement recouverte par un autre matériau, ne limitant ainsi pas l'apparence de ces édifices au seul matériau bois (Benôit & Paradis, 2013, p. 18). Le système de balloon-frame est une structure très simplifiée qui se développe aux Etats-Unis à une période charnière de son histoire. Selon Bernard Marray, parmi la masse d'édifices réalisés, aucune ne se démarque particulièrement, «mais de cette invention montée en épingle par un pays à la recherche de son histoire, il n'y a guère à retenir que la multiplication d'un système, et, en contrepartie, l'abandon d'un savoir, celui des charpentiers» (Marray, 1994, p. 194).

## L'ossature en platform-frame

Toujours en Amérique du Nord, les constructions à ossature en platform-frame s'inspirent de deux méthodes : celle des maisons à colombage et celle des ossatures en balloon-frame. Elles abordent dès le début du XX<sup>e</sup> siècle une composition par étage typique de la méthode des colombages en bois courts, mais s'inspirent aussi de la répétition de montants de faible section de l'ossature en balloon-frame. L'ossature en platform-frame est actuellement toujours utilisée en Amérique, essentiellement pour des bâtiments jusqu'à deux niveaux (Kolb, 2010, p. 62).

- 22 En Europe, le succès de ces systèmes inspire les constructeurs dès les années 1930. Ils ne commencent pourtant à se démarquer que depuis une vingtaine d'années, avec le développement de la construction en ossature, qui pourrait correspondre au début de l'utilisation des moyens numériques de modélisation. Cette méthode reprend le principe des ossatures en platform-frame, soit des montants rapprochés de faible section et de la hauteur d'un étage, dont les interstices sont remplis avec de l'isolation et contreventés grâce à des panneaux. Elle se distingue pourtant des constructions américaines de par le haut niveau de préfabrication des modules, qui optimise entre autres la précision, l'industrialisation et le temps de montage des éléments (Kolb, 2010, p. 64).

## 2.2 Constructions contemporaines

Actuellement, les bâtiments de logements collectifs à plusieurs étages en Suisse peuvent être érigés en bois grâce à trois systèmes : la construction en ossature, la construction en poteaux-poutres et la construction en bois massif (Kolb, 2010, p. 183). Chacune rassemblant des caractéristiques qui lui sont propres, le choix du système constructif se fait en regard de plusieurs critères, parmi lesquels figurent l'empreinte écologique, la durabilité, le temps et les conditions de montage ainsi que l'adéquation à la forme et à l'expression architecturale voulue par l'architecte.

## 2.2.A Construction en ossature

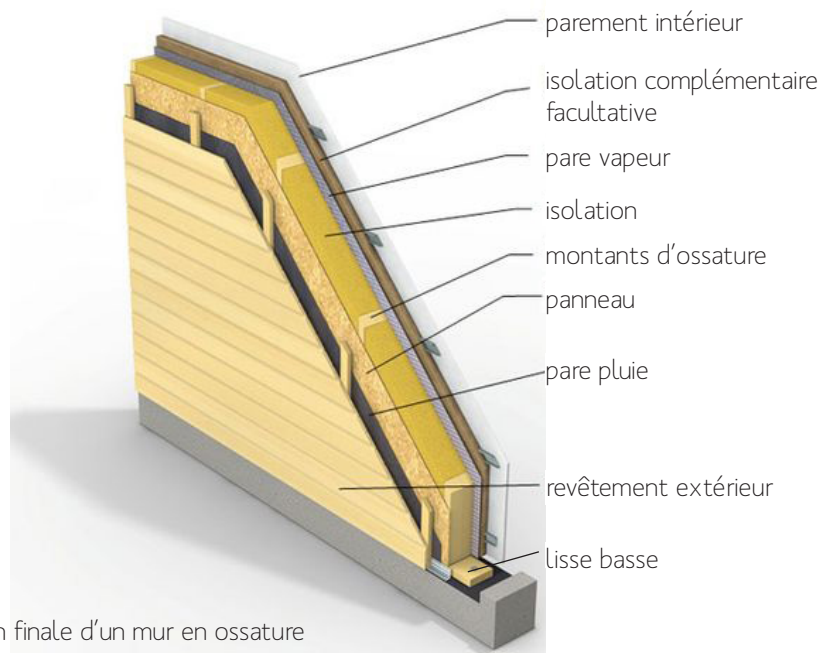
### Parois

Développée distinctement dans plusieurs régions et à différentes époques, la construction en ossature bois est aujourd'hui la technique en bois la plus répandue (Guy, 2013, p. 405). Reprenant des méthodes déjà existantes qui sont précisées dans les pages qui précèdent, des montants de faible section sont posés à courte distance entre des lisses horizontales, le tout reprenant les charges verticales de la construction. Le vide laissé entre les montants est comblé avec de l'isolation sans devoir ajouter une couche supplémentaire à la structure. L'ensemble est rigidifié grâce à des panneaux en bois fixés de chaque côté de l'ossature, assurant ainsi le contreventement des éléments et la reprise des charges horizontales (Moulin & Lequenne, 2014, p. 54). Le système est revêtu à l'intérieur comme à l'extérieur. Il peut alors afficher une façade en bardage en bois ou en crépi traditionnel, suivant l'expression à donner au bâtiment, alors que les espaces intérieurs ne laissent pas paraître les montants de la structure. La préfabrication de ce système peut être extrême : l'isolation, les menuiseries mais encore le bardage extérieur et le revêtement intérieur peuvent être intégrés directement en atelier, réduisant ainsi le temps de chantier.

Tout comme les maisons à colombage par la méthode des bois courts et les constructions en balloon-frame, les constructions en ossature se montent étage par étage, tout en se démarquant par le haut niveau de préfabrication des éléments de murs et de dalles.

### Dalles

Les dalles d'étage en ossature, appelées caissons bois, possèdent une composition similaire à celle des parois verticales en ossature. Alors que ces dernières reprennent les charges verticales appliquées à la construction, les planchers en bois servent à assurer la reprise des charges horizontales. Pouvant également être préfabriquées, ils se composent d'un solivage traditionnel enveloppé de part et d'autre de panneaux de bois, solidarisés aux solives. Le vide compris entre les éléments de ce plancher peut être mis à profit pour améliorer l'isolation thermique, l'isolation phonique et la masse thermique des éléments, en les lestant ou en les remplissant avec de l'isolation.



Composition finale d'un mur en ossature



Préfabrication d'éléments de murs en ossature à l'usine Renggli SA, pour le bâtiment Swisswoodhouse (voir p. 74)



Siège social de Tamedia à Zurich, par Shigeru Ban, 2011-2013

## 2.2.B Construction en poteaux-poutres

Bien qu'également formée par des poteaux en bois, la structure en poteaux-poutres se distingue de l'ossature bois sur plusieurs aspects. Avec cette configuration, la descente des charges verticales se fait au moyen d'éléments ponctuels, au contraire des structures en bois massif et en ossature dont les éléments porteurs sont linéaires. Les charges horizontales sont quant à elles reprises par une structure secondaire, composée d'éléments de dalles et de parois.

Dans ce système porteur, l'enveloppe de l'édifice peut être dissociée de sa structure, rendant ainsi le remplissage indépendant du système porteur. Ce remplissage peut dès lors être composé de parois en ossature bois ou en bois massif, qui ne sont pas considérées comme structurelles. À l'extérieur, la structure peut être recouverte par tout type de revêtement. À l'intérieur par contre, les poutres et poteaux peuvent être soit recouverts, soit laissés apparents dans les logements.

Dans les exemples présentés dans ce travail, une structure en poteaux-poutres est toujours associée à une autre méthode qui fonctionne comme remplissage, ce dernier ne faisant

pas forcément partie du système porteur. Ce type de structure rassemble plusieurs caractéristiques qui lui sont propres. Tout d'abord, une structure ponctuelle induit une liberté d'aménagement des espaces, car elle ne repose pas sur des murs de refend orientés, ce qui permet de modifier si besoin la configuration intérieure des espaces même après le montage des éléments (Moulin & Lequenne, 2014, p. 59). Ensuite, les grandes portées dégagées en façade favorisent l'insertion de larges baies vitrées, contrairement aux autres systèmes de construction en bois qui peuvent limiter la proportion des ouvertures présentes en façade.

Les possibilités de préfabrication de ce genre de structures sont toutefois limitées ; les poutres peuvent arriver indépendamment sur le chantier. Elles doivent alors y être assemblées avant de recevoir les éléments de plancher, de remplissage et l'étage supérieur. Cette différence par rapport aux autres systèmes est un point faible de ce type de structure, qui nécessite un montage en plusieurs parties qui se fait sur une période plus longue.

## 2.2.C Construction en bois massif

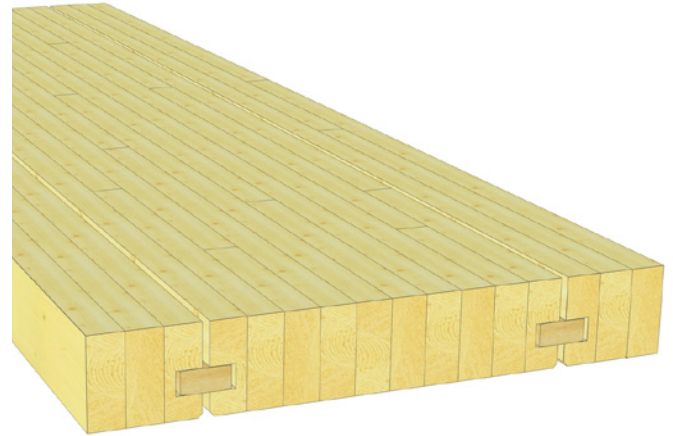
Par le passé se sont développées des méthodes basées sur des porteurs ponctuels et linéaires, sous différentes formes suivant la période et la région. L'introduction du bois lamellé-collé au début du XX<sup>e</sup> siècle (Murray, 1994, p. 195) et les possibilités qu'offrent les techniques de fabrication industrielles permettent maintenant de réaliser des panneaux en plan à partir de bois massif, de qualité et en quantités industrielles.

28

Plusieurs types de mise en œuvre du bois massif existent pour former des panneaux plans. Les panneaux contrecollés à couches croisées sont formés par plusieurs couches de bois massif collées les unes sur les autres en effectuant une rotation de 90° entre chaque strate. L'épaisseur de ces panneaux peut varier fortement en fonction de l'usage auquel il est destiné. Ce dernier peut aller du simple revêtement à la structure porteuse, en dalle ou en paroi. Quant aux panneaux en planches juxtaposées, ils sont souvent utilisés en tant que dalles, mais pas seulement, comme on le verra dans les cas d'étude. Ces planches, qui se composent de bois massif ou de bois lamellé-collé, peuvent être soit clouées ou chevillées, soit collées entre elles. Il existe également des panneaux en dérivés du bois, comme les panneaux en OSB, ce qui signifie

Oriented Strand Board. Il s'agit de panneaux en bois aggloméré, composés de lamelles en bois orientées couche par couche et collées entre elles.

Les panneaux en bois massif reprennent certaines propriétés des dalles et des voiles en béton, allant jusqu'à les concurrencer grâce à un niveau de préfabrication plus élevé et à une mise en œuvre plus rapide (Guy, 2013, p. 403). En tant qu'éléments surfaciques, ces panneaux peuvent à la fois servir de structure et de division spatiale, polyvalence qu'on ne retrouve pas dans le système de construction en poteaux-poutres. La fonction porteuse de la structure est également simplifiée, car elle se retrouve en un seul élément contrairement au système en ossature, qui requiert l'assemblage de plusieurs pièces différentes (Moulin & Lequenne, 2014, p. 57). La rigidité de l'ensemble est assurée par les panneaux eux-mêmes, associés aux éléments de planchers. Une couche supplémentaire d'isolation périphérique doit toutefois être ajoutée à l'extérieur du plan de la structure, en plus de l'épaisseur des panneaux. Ces derniers peuvent alors rester apparents à l'intérieur de l'édifice, faisant ainsi profiter les logements des qualités esthétiques mais aussi hygrométriques du bois (Guy, 2013, p. 403).



Les dalles en planches juxtaposées nécessitent un grand volume de bois, sous forme de planches assemblées les unes à côté des autres, parfois décalées dans la hauteur afin d'assurer une hauteur statique plus importante sans trop devoir augmenter le volume de bois utilisé (voir exemple en page 101). Ce système, souvent repéré dans les constructions en bois, peut être facilement préfabriqué, avec l'ajout d'un panneau OSB pour assurer la rigidité des éléments.

À ces possibilités s'ajoute encore celle des dalles mixtes, soit une couche inférieure en bois massif recouverte par une faible épaisseur de béton, qui peut être coulé sur place ou en atelier. Cette composition assure aux planchers une bonne isolation phonique et une masse thermique suffisante, sans recourir à une trop forte épaisseur de béton et de bois.

De par la diversité des rôles qu'ils peuvent endosser dans la construction à la multitude de formes qu'ils peuvent prendre, les panneaux en bois massif exploitent au mieux les différentes configurations que peut prendre le bois aujourd'hui. La polyvalence de leur forme les fait s'adapter à un grand nombre de situations, avantage qui se trouve amoindri dans les deux systèmes de construction abordés précédemment. Avec ce système, les qualités du bois massif peuvent être exploitées au maximum dans les logements, tout comme ses qualités structurelles qui révèlent tout leur potentiel dans un immeuble à plusieurs niveaux. Mais comme on le verra dans les cas d'étude, le bois massif n'est pas encore beaucoup utilisé en Suisse autrement que pour les éléments de dalle.

Ces trois systèmes de construction revêtent donc des caractéristiques différentes, que ce soit avec leurs propriétés statiques ou avec leur composition. Ces différentes méthodes peuvent être combinées les unes aux autres dans une même construction, et cela dans le but d'assurer une plus grande efficacité du système porteur en optimisant les ressources en bois.

Une construction en ossature ou en panneaux massif ne se projette pas de la même manière. Alors que la première résulte de l'assemblage d'éléments composés de multiples montants de bois assemblés entre eux, la seconde se compose de panneaux uniformément constitués. Apparus il y a une vingtaine d'années, ces panneaux étaient déjà considérés en 2007 comme pivot dans la reconsidération de la construction massive en bois, au même titre que l'a été précédemment l'introduction du métal industriel et du béton armé (Deplazes, 2007, p. 5). Les panneaux massifs en bois travaillent de manière similaire aux montants ponctuels d'une ossature qui forment une structure linéaire, alors que les poteaux-poutres tiennent de manière ponctuelle. Mais alors quels sont les critères qui permettent de choisir une ou plusieurs structures parmi ces trois systèmes contemporains de construction en bois ?



### 3. Méthodologie

Les immeubles de logements collectifs construits sur la base d'une structure en bois occupent une place de plus en plus importante en Suisse. Ils entraînent avec eux différentes questions liées à un mode de construction ancien mais en pleine mutation. Les questions posées pour ce travail se penchent sur les raisons qui amènent certains concepteurs à préférer l'utilisation du bois pour le système porteurs des immeubles de logements collectifs, mais aussi sur les incidence spatiales et expressives d'un tel choix.

## Questions

34

### Q1: Pourquoi le bois ?

Pouvant paraître naïve, cette première question est l'occasion de s'interroger sur les motivations qui conduisent à l'utilisation d'une structure en bois pour des immeubles de logements collectifs en Suisse. Quels sont les atouts du bois qui décident les concepteurs à opter pour ce matériau ? A priori, ses avantages peuvent être multiples et variés, pouvant donc amener plusieurs raisons à justifier ce choix.

Quels sont donc les critères principaux qui influencent le choix d'une telle structure, et à quel moment du processus de projet ce choix a-t-il été opéré?

L'utilisation du bois en structure est-elle le fruit d'une décision délibérée des architectes, ou alors une condition de départ du maître d'ouvrage?

Et enfin, comment les concepteurs se sont-ils orientés vers l'un ou l'autre des trois systèmes constructifs décrits au chapitre 2.2, s'ils n'ont pas opté pour un système hybride combinant les avantages de plusieurs de ces trois systèmes ?

### Q2 : Quelle est l'incidence spatiale d'une structure en bois sur le logement ?

Il s'agira dans un second temps de mesurer les incidences de ces choix de matériau et de système constructif sur les logements. La configuration spatiale de ces derniers est en effet influencée par différents facteurs, et on peut supposer que la structure en fait partie. Le choix d'un système porteur en bois engendre alors peut-être des répercussions sur l'agencement des logements, comme sur la position des murs intérieurs. On peut également se demander à quel point les propriétés du bois restreignent la diversité spatiale de ces logements, ou si au contraire elles l'amplifient.

Q3 : Quelle est l'incidence de l'usage d'une structure en bois sur le langage architectural?

On remarque que le bois, utilisé comme structure dans un bâtiment, peut s'exprimer de plusieurs manières en façade comme à l'intérieur des logements, ou alors être entièrement dissimulé. Comment les différents systèmes constructifs sont-ils exprimés en façade et à l'intérieur du bâtiment ?

Si le bois structurel apparent est limité par les normes de protection incendie en vigueur, comment les concepteurs symbolisent-ils le système porteur en bois mis en place, s'ils décident de le montrer en façade ?

Et enfin, quel impact spatial peut avoir une structure en bois sur les logements, dans le cas où elle est laissée apparente au plafond ou sur les murs ?

Le bois comme bardage extérieur peut également être observé sur plusieurs bâtiments. En plus d'utiliser le bois comme structure, pourquoi les concepteurs cherchent-ils parfois à l'exposer en façade ? On peut supposer que ce choix d'afficher le bois se base sur la volonté de dévoiler ce matériau comme un manifeste en faveur de son utilisation, ou celle d'exploiter les qualités sensibles et esthétiques du bois.

## Méthode

Dans le but de répondre à ces questions de recherche, le parti a été pris d'étudier plus en détail certaines constructions répondant à des critères spécifiques, énumérés ci-dessous :

- les cas d'études sont des immeubles de plusieurs étages regroupant plusieurs appartements, soit des logements collectifs. Ne seront donc pas sélectionnés ici les immeubles de bureaux, de logements pour étudiants et les villas individuelles par exemple;
- 36 - les immeubles retenus sont bâtis à partir d'une structure en bois, pouvant être classée selon un ou plusieurs des trois types de structures en bois répertoriés au chapitre 2.2 ;
- ils se situent sur le territoire suisse ;
- ils ont été construits au cours des 15 dernières années ;
- et enfin, ils représentent une sélection de constructions exemplaires, dotées d'une qualité architecturale appréciable.

Ces critères m'ont permis de sélectionner six réalisations aux caractéristiques diverses, réparties entre la Suisse romande et la Suisse alémanique, et construites par cinq bureau d'architectes différents.

## Outils d'analyse

Afin d'en apprendre plus sur ces exemples et de répondre aux questions énoncées dans les pages précédentes, plusieurs procédés ont été employés :

- recueil de documents textuels et iconographiques :

Les documents mis à disposition par les architectes ont été examinés, tout comme les photos du chantier et de la préfabrication qui peuvent nous renseigner davantage sur la structure et ses caractéristiques. Des explications supplémentaires ont été demandées aux constructeurs bois si les documents relatifs à la structure des bâtiments venaient à manquer.

- analyse de ces documents :

De cette documentation a été extraite le point de vue de l'architecte sur les questions posées dans ce travail. Une analyse structurelle et spatiale a été effectuée à partir des plans et des indications éventuellement communiquées par le constructeur bois.

- entretiens :

Dans le cas où le point de vue des concepteurs reste absent de cette documentation, j'ai demandé à m'entretenir avec eux afin de leur poser directement les questions relatives à ma recherche.

- visites in situ :

Enfin, dans le but de me rendre compte par moi-même de l'impact sensible de ces bâtiments, j'ai effectué une visite des différents bâtiments étudiés pour ce travail.

La recherche de documentations sur ces exemples s'est avérée plutôt aisée, notamment grâce à leur renommée, ainsi qu'au fait qu'ils soient récents. Si la plupart des personnes contactées ont répondu avec intérêt à mes sollicitations, il s'est tout de même trouvé des architectes difficilement joignables. Ils ont finalement tous trouvé du temps pour me répondre, que ce soit par écrit ou par oral.

Quant à elle, la visite des divers bâtiments m'a permis d'expérimenter les quartiers et l'ambiance dans lesquels s'implantent les constructions, même si je n'ai pas pu entrer à l'intérieur des logements.

Ces diverses sources d'information m'ont alors permis d'établir une analyse structurelle et matérielle des bâtiments, afin de la confronter avec les analyses typologiques, spatiales et sensibles. Une lecture croisée des exemples a été effectuée en dernier lieu afin de tirer un enseignement sur l'état des lieux actuel des immeubles de logements collectifs construits en Suisse avec une structure en bois.



## 4. Le rôle du bois : étude de cas

Afin de répondre à ces différentes questions, plusieurs immeubles neufs de logements collectifs en Suisse ont été sélectionnés pour être étudiés plus en détail. Chacune de ces constructions, prenant place dans un milieu urbain ou semi-urbain, est bâtie sur la base d'une structure en bois. Le discours qui s'y rapporte diffère toutefois d'un cas à l'autre : chaque projet présente une expression différente, des logements aux spatialités diverses, un rapport au bois librement affiché ou au contraire dissimulé. Classés selon leur type de structure porteuse, soit les panneaux en ossature (A), les structures poteaux-poutres (B) ou les structures en bois massif (C), ces exemples forment un panel bien sûr non-exhaustif de diverses possibilités d'applications à donner à ce matériau.

Cette diversité se reflète dans les exemples choisis. Ainsi, si les immeubles des Freilager (4.A.2) et la Swisswoodhouse (4.A.3) semblent poser la question du revêtement en bois en façade, les autres restent plus discrets quant à l'utilisation de ce matériau pour leur construction. Le bois de structure apparent dans les logements n'est ici présent que dans un seul exemple, la Haus J (4.B-C.2), et on peut se demander pourquoi cette mise en valeur n'est pas plus courante. Quant aux immeubles à la Badenerstrasse (4.C.1) et à

Victor Ruffy (4.B.1), nous les avons retenus car la présence de bois en grandes quantités pour leur construction ne se révèle ni à l'intérieur, ni à l'extérieur. Quant à l'ensemble réalisé à Hegianwandweg par EM2N (4.A.1), il se démarque de par son année de réalisation, antérieure de près de dix ans à celle des autres exemples, alors même que l'utilisation du bois dans des bâtiments à plusieurs étages était plus strictement réglementée. Sa réalisation semble donc révéler l'importance redonnée depuis une quinzaine d'années au bois, importance encouragée par des normes de protection incendie de moins en moins restrictives quant à son utilisation.

Répondant à un programme similaire, soit du logement collectif en milieu bâti, ces six constructions mettent l'accent sur la richesse des possibilités qu'offre le bois dans son utilisation pour ce type de programme. Tous ces exemples utilisent les trois systèmes de construction modernes en bois détaillés au chapitre 2. Certaines constructions peuvent toutefois être considérées comme hybrides, dans le sens où elles combinent différents systèmes porteurs afin d'optimiser leurs dimensions et d'utiliser le bois de manière rationnelle. C'est sans doute pour cela que malgré une répartition tripartite claire, un de ces cas se retrouve à cheval entre deux types de structures porteuses en bois.

A



4.A.1 Hegianwandweg  
EM2N  
Zurich, 2003



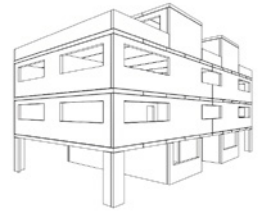
B



4.B.1 Victor Ruffy  
Bonhôte-Zapata  
Lausanne, 2010



C



4.C.1 Badenerstrasse  
pool  
Zurich, 2010



4.A.2 Freilager  
Rolf Mühlethaler  
Zurich, 2016



4.A.3 Swisswoodhouse  
Bauart  
Nebikon, 2014



4.B-C.2 Haus J  
pool  
Zurich, 2014

## 4.A.1 Le bois en hauteur pour la première fois

architectes : EM2N, Zurich

lieu : Hegianwandweg 28-36, Zurich

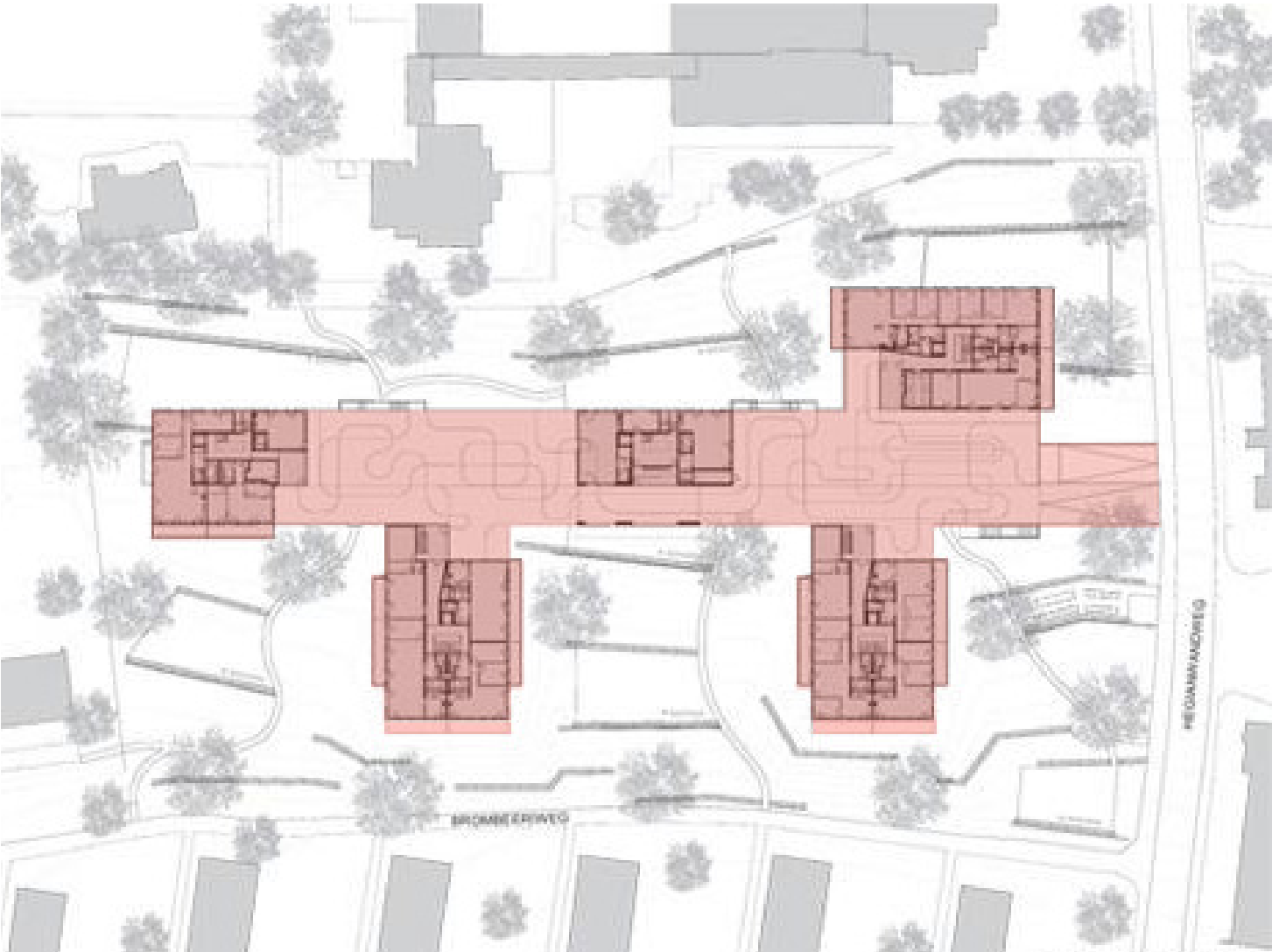
réalisation : 2002 - 2003

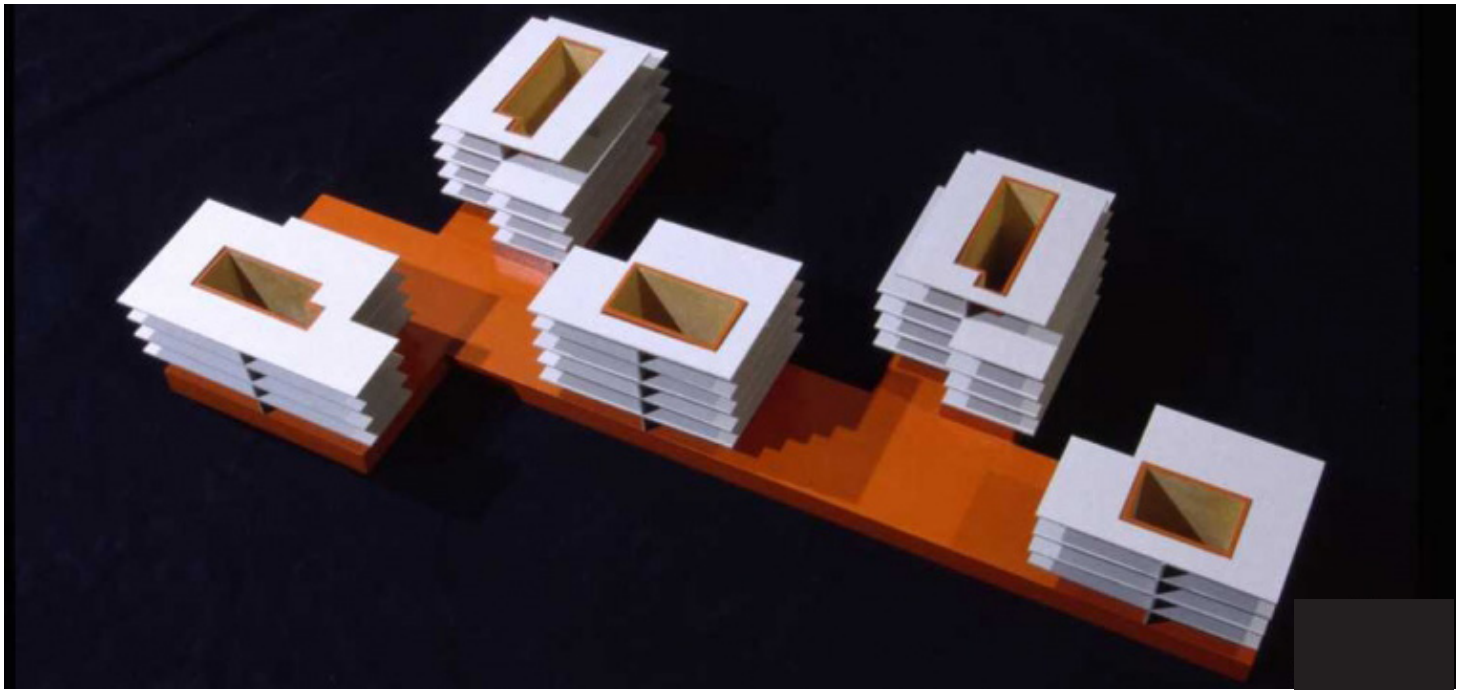
5 immeubles contenant 76 logements

structure bois : murs périphériques en ossature, dalles mixtes avec planches de bois massif juxtaposées chevillées, et chape de ciment

42

Cet ensemble, construit par la coopérative zurichoise FGZ, est le résultat d'un concours gagné en 1999 par les architectes de EM2N, basés à Zurich. Avec ce projet situé sur une parcelle péri-urbaine de Zurich, les architectes proposent des espaces extérieurs aménagés avec soin ainsi que des locaux communs ouverts aux habitants. L'ensemble regroupe cinq bâtiments de quatre et cinq étages, disposés le long d'un socle commun en béton qui abrite le parking et qui propose une liaison extérieure aménagée pour les différents immeubles. Plusieurs artistes ont contribué à l'aménagement de ces espaces, notamment pour l'éclairage du parking et les dessins recouvrant l'esplanade (FGZ, 2006, p. 3). La particularité de cet ensemble est d'être parmi les premiers à utiliser une structure en bois préfabriquée pour des immeubles de logements à plusieurs étages, alors que les normes de protection incendie ne le permettaient encore pas.



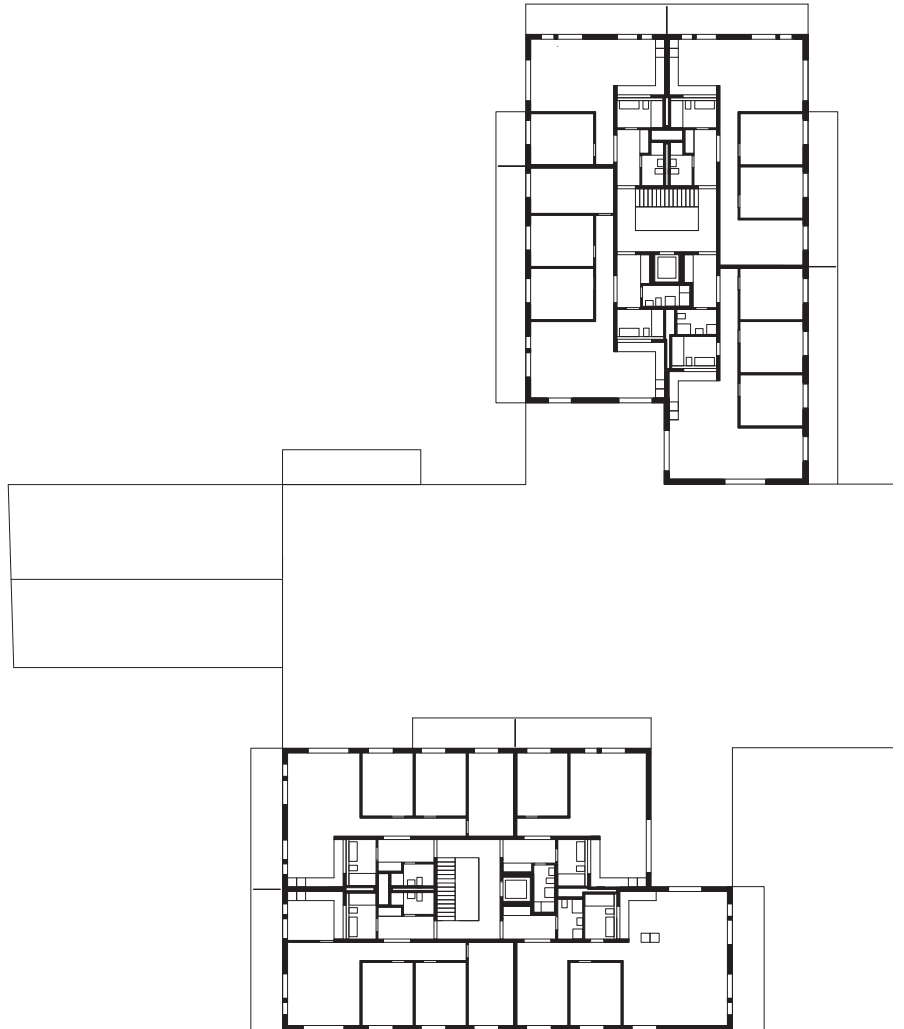
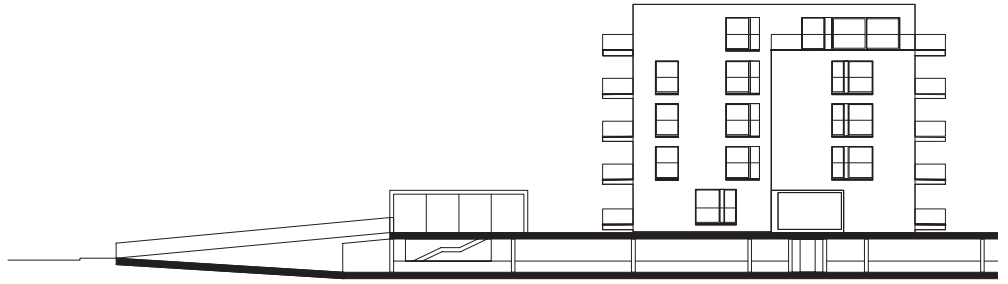


## Q1 : Pourquoi le bois ?

Au moment du concours, les matériaux constituant la structure porteuse n'étaient pas encore définitivement décidés. Ce n'est qu'en observant la géométrie des plans qu'une structure en bois a semblé pouvoir convenir. Des immeubles de cette hauteur n'ayant alors encore pas été construits dans le canton de Zurich, une étude comparative a été menée afin de savoir quel système porteur serait le plus avantageux, à savoir une construction en bois ou en maçonnerie traditionnelle/béton (Hönig, 2003, p. 16).

L'utilisation du bois a alors révélé son potentiel dans plusieurs domaines. En plus de ses avantages environnementaux, des éléments en bois engendrent une construction plus légère, une flexibilité plus aisée de la configuration spatiale intérieure, un temps de montage réduit ainsi qu'un temps de séchage quasi inexistant par rapport au béton. Le seul bémol est le prix de la manœuvre, plus haut de quelques pourcents par rapport à son équivalent en maçonnerie. Malgré cela, le maître d'ouvrage a donné son feu vert pour l'utilisation du bois en structure, faisant de cet ensemble une construction pionnière dans le domaine des immeubles de logements à plusieurs étages constitués d'une structure en bois.

Un concept innovant de protection contre le feu est développé conjointement par les architectes, les ingénieurs et les autorités cantonales. Ces dernières saisissent cette opportunité pour mettre à exécution une première fois les nouvelles normes de protection incendie pour les immeubles d'habitation à plusieurs étages, qui entreront en vigueur en 2005, soit deux ans après la réalisation de cet ensemble (Osmani, 2015, p. 35). On peut supposer que la construction d'un tel volume de logements en bois leur a permis de confirmer le potentiel d'une telle structure, et d'assouplir en conséquence la réglementation qui y est relative afin d'encourager les concepteurs et les maîtres d'ouvrage à faire usage du bois pour construire des immeubles.





Coupe



Étage type

0 5 10 25



## Logements : description des plans

48

L'ensemble construit par EM2N rassemble cinq immeubles répartis en quinconce le long d'une esplanade commune. Les bâtiments sont de deux tailles différentes, mais s'organisent de la même manière. Les espaces sont répartis autour d'un noyau central qui comprend les circulations verticales, les gaines techniques ainsi que les sanitaires. Les séjours se situent toujours aux angles des bâtiments. Ainsi, la présence des sanitaires et du hall à l'entrée accentue le seuil présent entre l'appartement et le public, augmentant ainsi l'intimité des appartements (Pfeifer & Branuneck, 2015, p. 364). Chaque bâtiment a une forme en L, permettant ainsi à un plus grand nombre d'espaces de profiter de plusieurs orientations. On peut également supposer que ces formes non rectangulaires favorisent le dynamisme de l'ensemble qui est probablement renforcé par la présence de balcons sur certaines façades ainsi que celle d'un étage en attique sur trois bâtiments.

Les propos relatés par EM2N mettent l'accent sur leur volonté de proposer des logements flexibles dans le temps, afin de s'adapter tous les vingt ou trente ans aux changements démographiques ou de style de vie. Ils mettent alors en place un schéma dans les cinq immeubles, soit un noyau porteur central regroupant toutes les circulations verticales, et des façades porteuses. Les espaces se trouvant entre le noyau et les façades

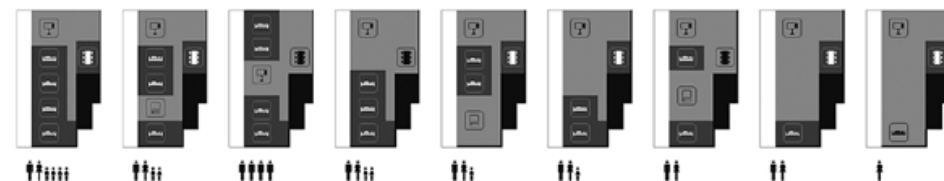
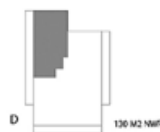
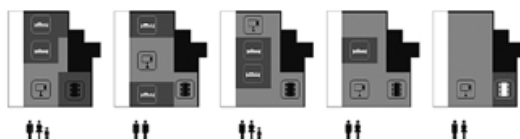
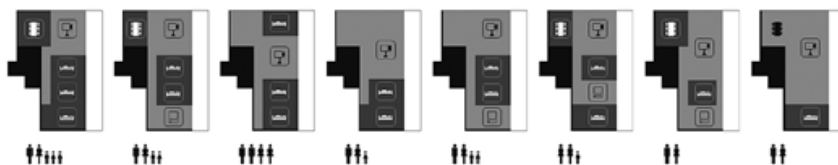
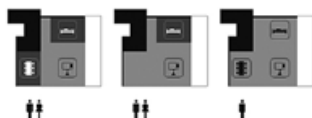
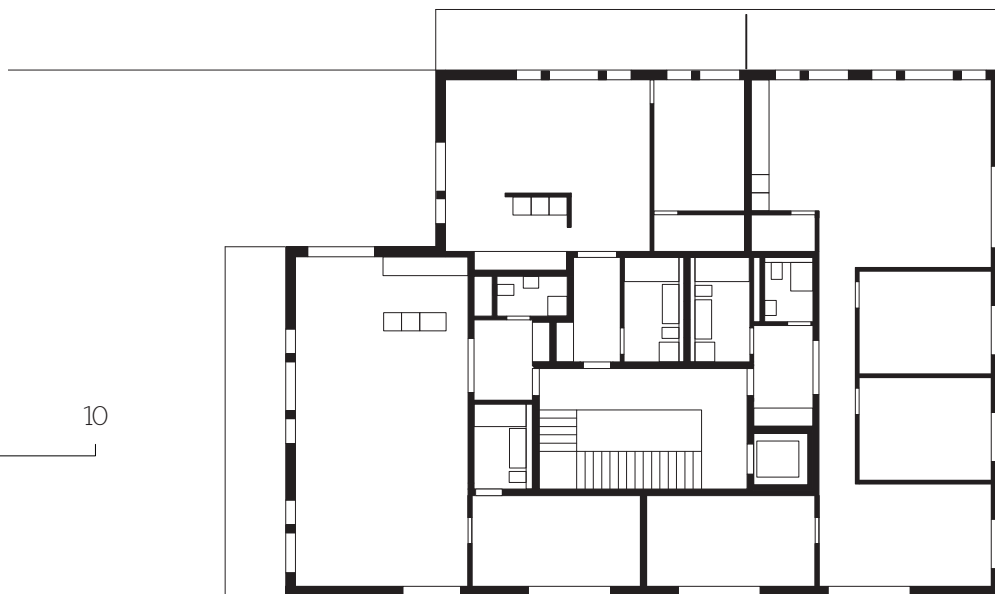
sont libres de tout axe porteur. Ainsi, si les logements peuvent ultérieurement changer de configuration quand le besoin s'en fera ressentir, la disposition initiale des pièces se fait librement. On peut alors observer que pour une même forme de bâtiment, la répartition des chambres sur leur périphérie ne se fait pas de manière régulière, proposant ainsi plusieurs configurations suivant les besoins des locataires (voir schéma en page 49, issu des documents des architectes).

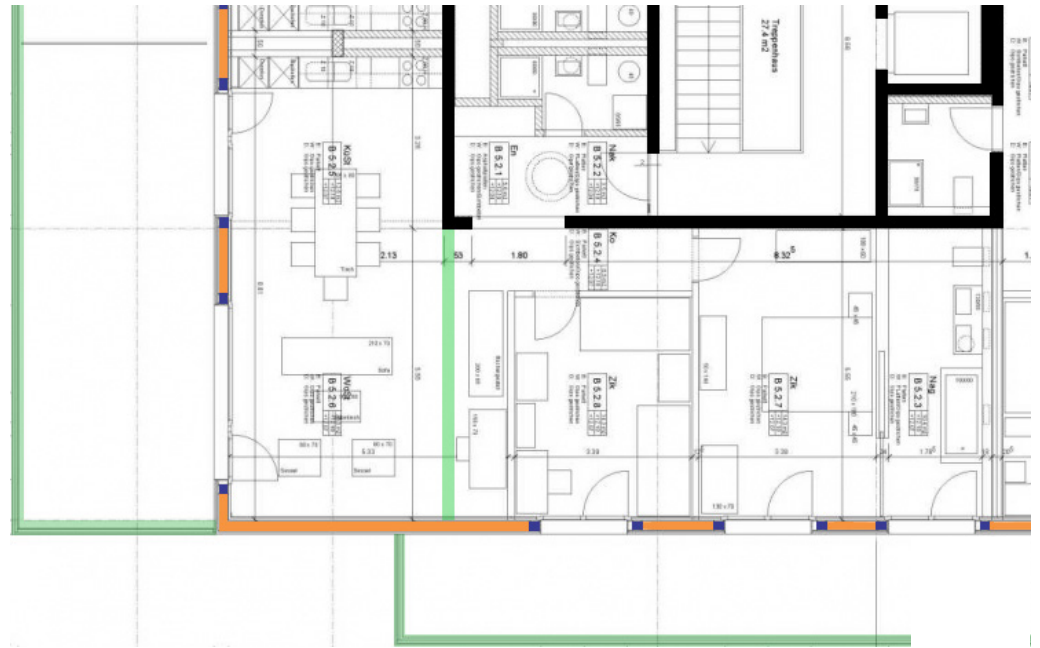
On peut supposer que cette volonté de pouvoir moduler les espaces suivant les besoins changeants rejoint celle de faire un bâtiment durable. En effet, la durabilité d'un bâtiment ne se calculerait pas seulement avec la durabilité de ses matériaux, mais également avec celle des logements qu'elle propose. Si ces derniers peuvent s'adapter aux tendances changeantes des manières d'habiter, le bâtiment sera déclaré obsolète moins rapidement, indépendamment de son état de dégradation.

À cette durabilité initiale des logements vient s'ajouter la composante écologique grâce à l'utilisation du bois. D'ailleurs, ce dernier jouit toujours d'un grand «bonus sympathie» auprès des habitants, selon les propos de l'architecte Christof Zollinger, de EM2N, relatés dans le magazine *First* (Osmani, 2015, p. 37, traduction par CC).



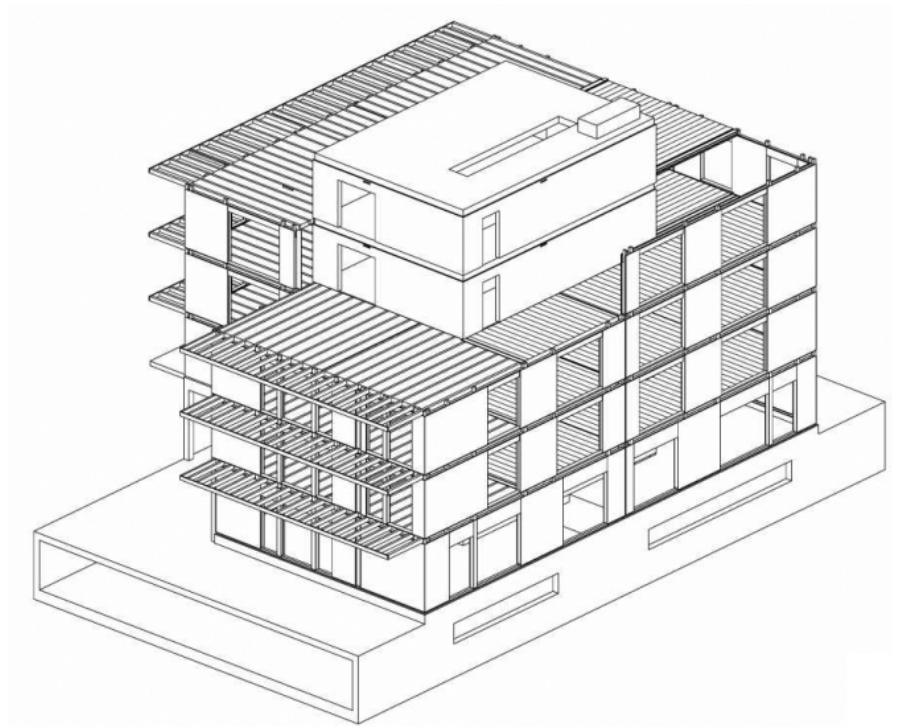
0 2 5 10





0 1 2 5

- poutres en métal
- ossature porteuse
- remplissage entre ossature
- cloisons non-porteuses
- noyaux en béton



## Structure

Comme on l'a vu dans les pages précédentes, les architectes proposent pour ces logements des appartements libres de toute paroi porteuse autre que le béton des noyaux de circulation verticale et des sanitaires. Les façades porteuses en ossature bois sont composées de montants en bois encadrant les fenêtres, et remplis avec de l'isolation. Les éléments des façades sont préfabriqués en ateliers et peuvent mesurer jusqu'à quatorze mètres de long et trois mètres de haut (Hönig, 2003, p. 16).

La portée entre les façades porteuses et les noyaux en béton, qui mesure entre cinq et six mètres, est comblée par des dalles en bois. Ces dernières ont une composition mixte, de type bois-béton. Sur des planches de bois massif juxtaposées chevillées d'une épaisseur de vingt centimètres vient se poser une chape de ciment qui assure les exigences des normes de protection acoustique. Dans le plan des étages, le changement d'orientation de 90° de la portée des dalles est assuré par des poutres métalliques posées entre le noyau et la façade, créant ainsi un appui pour toute la longueur des dalles.

Les balcons en porte-à-faux sont issus d'une volonté architecturale. Afin de les soutenir, les éléments de dalle devant lesquels ils se trouvent contiennent des solives qui ressortent

de deux mètres en dehors des façades. Ces solives, distantes de 60 centimètres, sont visibles dans le schéma ci-contre. Afin de garantir une descente des charges répartie de manière optimale, une poutre métallique est posée sur les extrémités des solives.

De par la dimension des poteaux, on peut se poser la question de savoir si cet exemple ne devrait pas entrer dans la catégorie des structures en poteaux-poutres. Néanmoins, on peut considérer les éléments de murs comme des ossatures, en raison de leur niveau de préfabrication caractéristique de ces structures ainsi que de l'absence de poutres dans le plan des façades. Dans ces dernières, les poteaux s'alignent précisément les uns au-dessus des autres, afin que la descente des charges ne soit pas déviée inutilement en entraînant de plus grandes sollicitations sur le reste des éléments de mur.

La structure a donc été choisie de manière à optimiser les charges qu'elle reprend, et cela de manière à réduire au maximum ses dimensions et donc les ressources en bois nécessaires à sa construction.

## Q2 : Le plan détermine la structure

52

Cet ensemble a la particularité, comme d'autres, d'avoir été conçu avant que le choix du système porteur ne soit effectué. Néanmoins, après que les plans aient été examinés, ils se sont avérés propices à être construits à l'aide d'une structure en bois. C'était à la structure de s'adapter aux particularités des plans, qui étaient déjà déterminés, comme pour les balcons en porte-à-faux et l'absence de parois intérieures porteuses autres que le noyau central. De plus, la largeur comprise entre les façades et les noyaux est de l'ordre de cinq à six mètres, ce qui correspond à la profondeur d'espace usuelle dans le logement. Cette portée s'adapte alors très bien aux portées usuelles dans le cadre d'une structure en bois, dans le but d'optimiser les ressources utilisées dans les éléments de dalles.

À l'intérieur des bâtiments, rien ne laisse deviner la présence de la structure en bois. Les appartements, leur configuration et leur flexibilité étaient des volontés architecturales, décidées au moment du concours, et qui ont été des contraintes à respecter par la structure. On peut donc en conclure qu'au contraire de restreindre les possibilités de

disposition des espaces et des formes urbaines, le bois s'adapte à la forme déjà déterminée du bâtiment. Les caractéristiques architecturales des bâtiments et des logements prévalant sur celles de la structure, cette dernière est développée en regard des connaissances techniques modernes afin de s'adapter à l'architecture urbaine actuelle.



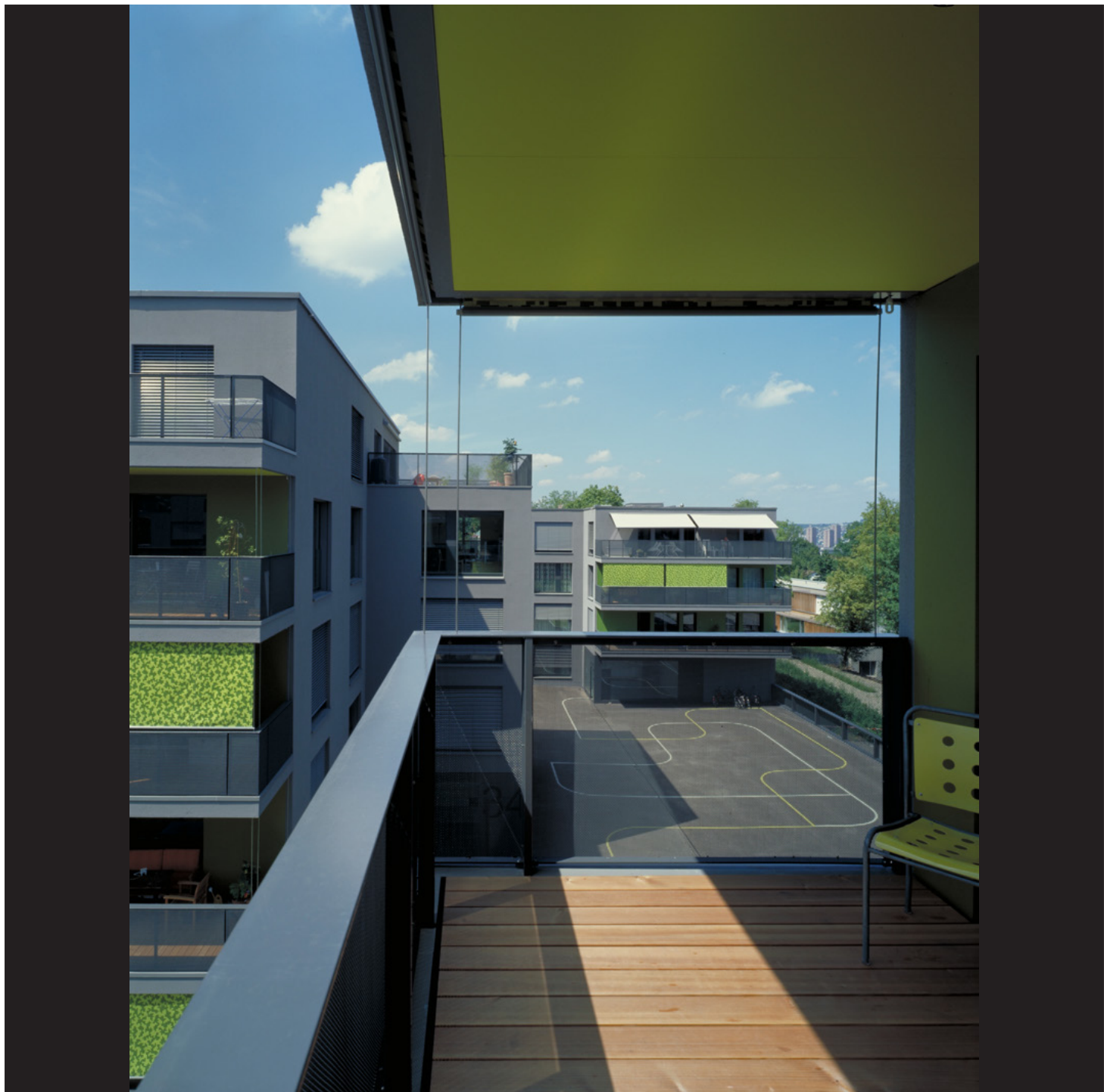


### Q3 : Le bois dissimulé

Lors de la phase de concours, le bois et son utilisation n'étaient pas encore évoqués. Comme expliqué précédemment, ce sont plutôt les atouts environnementaux et de mise en œuvre qui ont intéressé les architectes, plutôt que ses qualités esthétiques. On peut alors supposer que c'est pour cette raison que le bois et la structure qu'il compose ne sont visibles nulle part dans la construction, que ce soit de manière apparente ou dans le langage de l'ensemble.

En plus de concevoir des logements, les architectes ont créé un ensemble dans lequel le contexte des logements tient une place aussi importante que les bâtiments eux-mêmes. C'est dans cette optique qu'ils ont fait appel à plusieurs artistes afin d'imaginer des dispositifs mettant en valeur des espaces qui n'ont pas toujours été considérés, dont l'esplanade entre les immeubles et le parking souterrain. Selon Frédéric Frank, qui le souligne dans son ouvrage *Suburbanité*, les ensembles péri-urbains comprenaient des abords négligés par les architectes, qui devenaient une «prairie faiblement arborisée, morcelée par des parcs à automobiles» (Frank, 2012, p. 55-56). Selon lui, le quartier à Hegianwandweg arrive avec succès à combiner des éléments des registres ruraux et des périphéries, pour donner à l'ensemble un «véritable caractère suburbain» finement conçu.

Dans tous les cas, ces ajouts donnent de la valeur à l'ensemble. Le bois ne faisant pas partie des dispositifs visuels prévus, les architectes ont apparemment décidé de ne pas l'intégrer par la suite. Comme le note Hönig dans le magazine *Hochparterre* : «Le quartier prouve que le bois est aussi un matériau approprié dans l'habitat urbain et que la promesse écologique peut être faite sans concessions à l'architecture : une construction en bois et écologique, dont on ne voit plus que c'en est une.» (Hönig, 2003, p. 19, traduction par CC). Ainsi sont résumés les atouts du bois utilisés par les architectes, et on voit que ses qualités haptiques et esthétiques n'en font pas partie. Même si la structure disparaît dans l'apparence finale de l'ensemble, sa présence est tout de même mise en valeur par la renommée acquise par l'ensemble à Hegianwandweg, ensemble considéré comme rassemblant les premiers bâtiments d'habitation en Suisse à utiliser une structure porteuse en bois sur plusieurs étages.





installations artistiques : les dessins sur l'esplanade sont imaginés par Sabina Lang et Daniel Baumann,  
les stores extérieurs par Carl Level et les lumières du parking souterrain par Lori Hersberger

## 4.A.2 Le bois au service de la rationalité

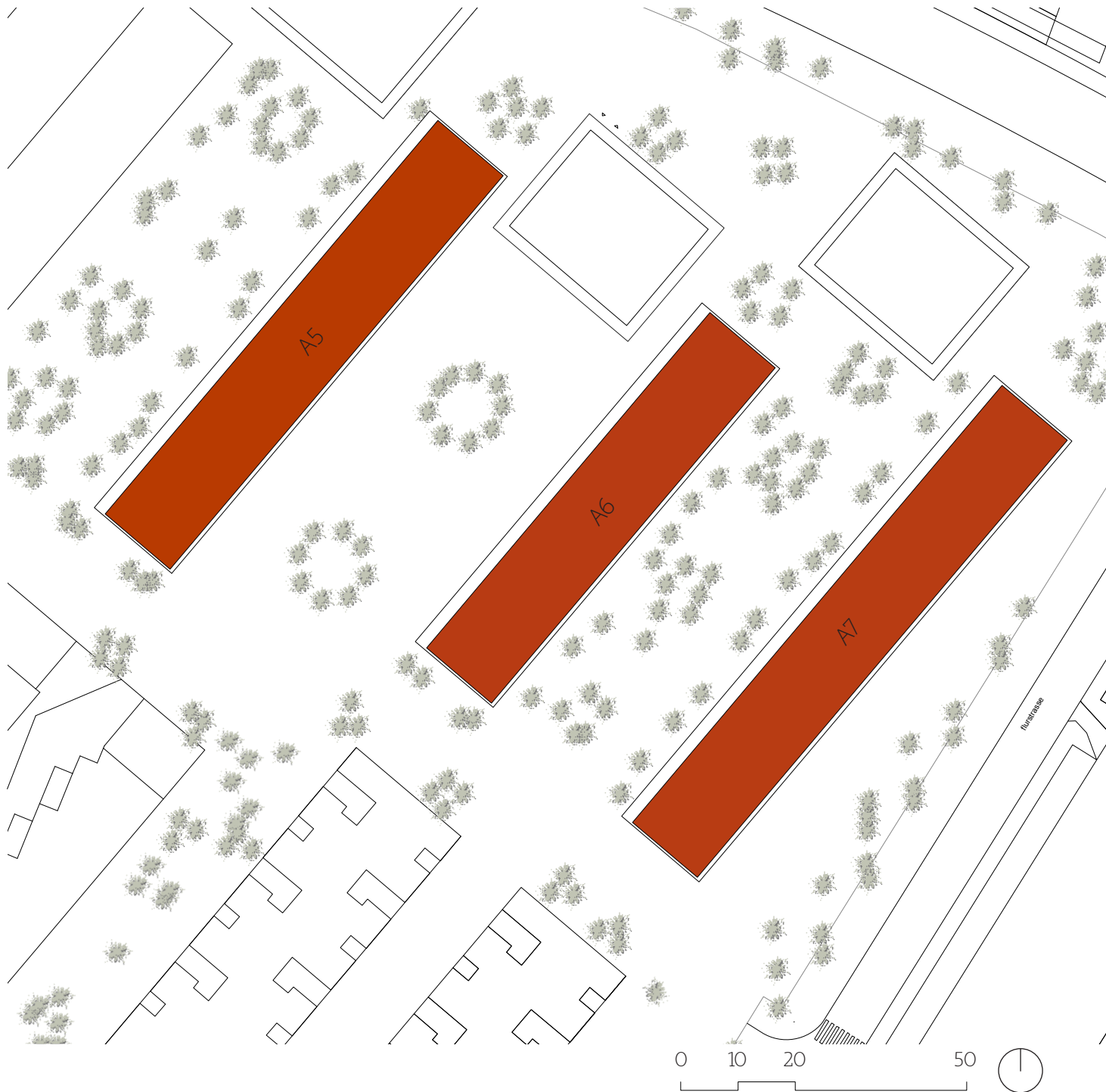
architecte : Rolf Mühlethaler, Bern  
lieu : Freilagerstrasse, Albisrieden, Zurich  
réalisation : 2013 - 2016  
3 immeubles contenant 187 logements

structure bois : murs périphériques et murs de refend en ossature bois, dalles en planches juxtaposées de bois massif clouées

58

S'élevant sur l'emplacement des anciens Ports-francs de la ville de Zurich, le quartier des Freilager est le fruit d'un plan d'aménagement élaboré par une équipe interdisciplinaire, pilotée par les architectes Meili Peter (Hochparterre Wettbewerbe 1/2011, p. 23). Les immeubles, rassemblant quelques mille nouveaux logements, abordent des thèmes comme la société à 2000 Watts, la mobilité douce et la vie en communauté. La construction de l'intégralité des immeubles a duré trois ans, et s'est terminée mi-2016.

Les trois bâtiments détaillés ici font partie de cet ensemble. De longueurs de 70, 90 et 100 mètres et d'une largeur de 14 mètres, les trois barres qui rappellent les longs bâtiments des Ports-francs ont été construites par l'architecte Rolf Mühlethaler et réalisées par le constructeur bois Renggli SA. Au moment de leur construction, elles étaient considérées comme le plus grand ensemble de logements collectifs construit en Suisse grâce à une structure en bois (Knüsel, 2016, p. 34).





## Q1 : Pourquoi le bois ?

L'utilisation d'une structure en bois pour ces trois bâtiments s'est décidée au moment du concours. Selon les dires du constructeur bois qui relate dans un article les propos de Rolf Mühlethaler, ce dernier aurait précisé que «la structure rigoureusement modulaire des plans n'a pas été choisie en fonction du système de construction bois. En fait, le type de bâtiments était défini dès le départ et la construction à base d'éléments en bois s'est avérée être la solution à adopter» (Magazine Renggli, 2017, p. 8). Une construction en bois s'est donc révélée être la plus adaptée par rapport aux plans, ce qui signifie que ces derniers étaient déjà esquissés au moment de choisir le système de construction. On peut toutefois rester dubitatif devant cette assertion, de fait des spécificités spatiales qui semblent ici soumises à une structure en bois.

Le choix du bois s'est également révélé avantageux pour gérer l'espace disponible plutôt réduit sur le chantier, compte tenu des mille logements à construire ou à rénover en l'espace de trois ans sur une parcelle limitée. Le montage en bois s'est donc révélé bénéfique grâce à la place réduite qu'il occupe sur un chantier par rapport à la place que requiert un chantier en maçonnerie traditionnelle.

Décision a donc été prise de construire en bois ces longs bâtiments de six étages, limite de hauteur en vigueur pour les bâtiments utilisant ce matériau comme système porteur.

L'architecte a dès lors choisi non pas seulement d'utiliser une structure en bois, mais d'affirmer ce matériau dans un quartier nouveau et dense de la ville de Zurich. C'est dans cette optique qu'il nomma son projet de concours «Woodstock», qui représentait alors une volonté de se démarquer des valeurs conformes à l'époque, tout en exprimant de nouvelles. C'est pour ces raisons que l'expression architecturale de ces trois immeubles se distingue de celle de leurs voisins (Knüsel, 2016, p. 35).

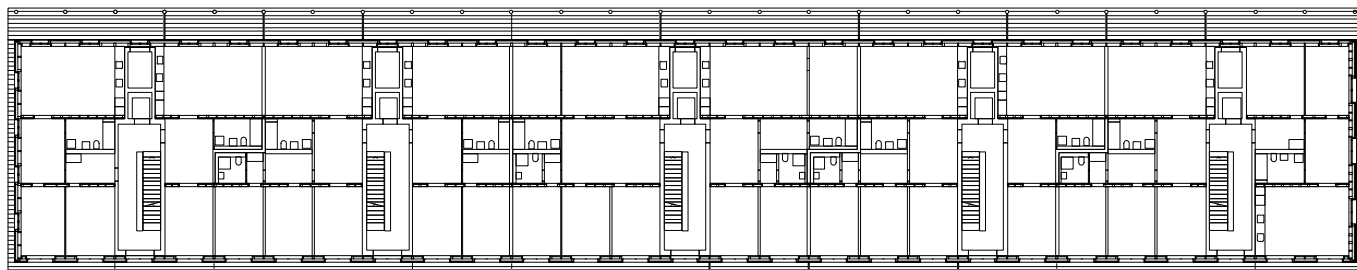
De par la modularité et la répétition des plans, une construction en éléments préfabriqués en bois a permis ici de mettre à profit tout le potentiel qu'a acquis cette méthode de construction au cours des dernières années.

## Logements : description des plans

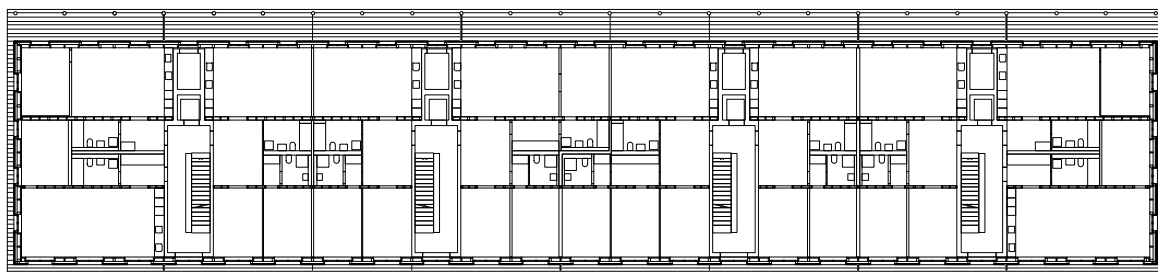
62

Rassemblant 187 logements du 1 pièce 1/2 au 4 pièces 1/2, les trois barres d'immeubles renferment deux organisations spatiales et structurelles différentes. Dans les immeubles A5 et A6, quatre axes porteurs soutiennent le bâtiment dans sa longueur, séparant ainsi le bâtiment en trois travées longitudinales. Ces dernières, d'environ 4m70, servent à la fois de structure mais aussi de division spatiale pour les appartements. Les circulations verticales en béton régulièrement réparties occupent toute la largeur du bâtiment. Bénéficiant d'une large entrée, les logements comprennent un espace de jour d'un côté et plusieurs chambres de l'autre, en symétrie par rapport à la travée centrale qui abrite les salles d'eau. Les séjours sont alors orientés dans une seule direction, soit le Nord-ouest, tandis que les espaces de nuit sont orientés au Sud-est, ce qui semble inverse à la logique et sans explication évidente. On note la présence d'une double porte pour accéder à la chambre donnant sur l'entrée du logement, comprise dans l'enfilade des ouvertures qui court d'une façade à l'autre, enfilade mise ici en évidence sur le plan par un axe rouge. On peut supposer que cette double porte procure plus de lumière à l'espace de la travée centrale, qui peut dès lors contenir plus qu'un espace de circulation.

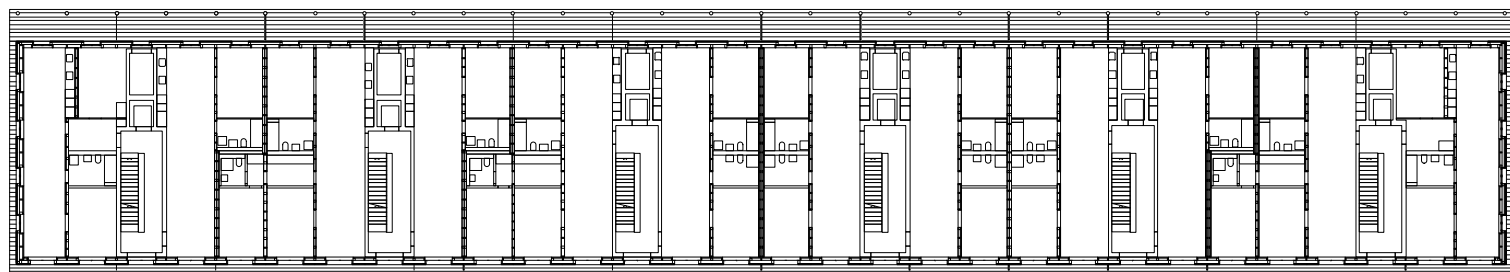
Dans le bâtiment A7, les travées larges de 3m35 sont tournées de 90° en plan par rapport à A5 et A6. Elles sont perpendiculaires à la longueur du bâtiment et voient s'alterner une travée libre comprenant l'entrée et l'espace de séjour, une travée avec les chambres et les salles d'eau et une travée de circulation verticale. Cette rotation dans l'organisation des espaces a probablement été réalisée afin que les séjours soient traversants dans le A7, ce qui amène la question suivante : est-ce que l'éclairage naturel est suffisant avec une telle profondeur d'espace ? Alors que les espaces de jour mono-orientés dans A5 et A6 sont plus larges que profonds, ceux du A7 sont beaucoup plus longs que larges, ce qui peut amener un manque en éclairage naturel au centre du plan.



A5



A6

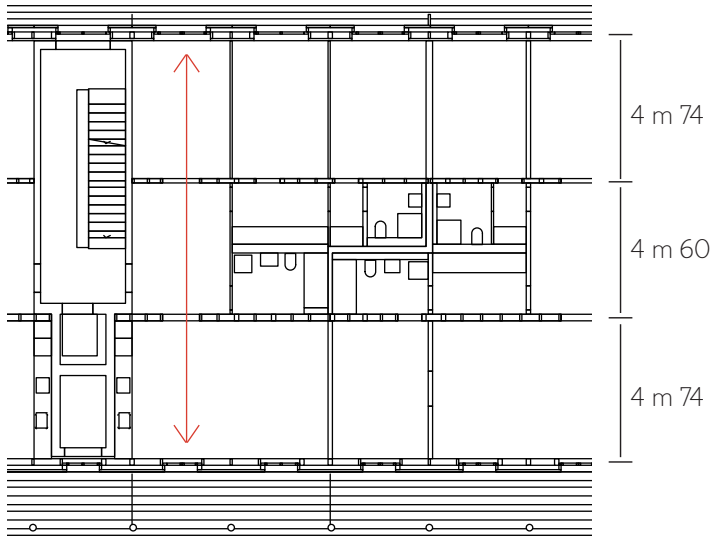


A7

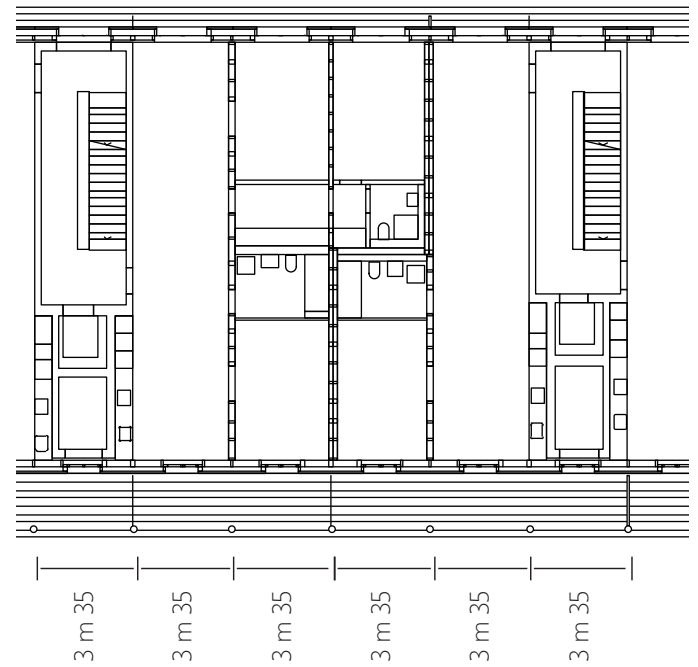


Etage type

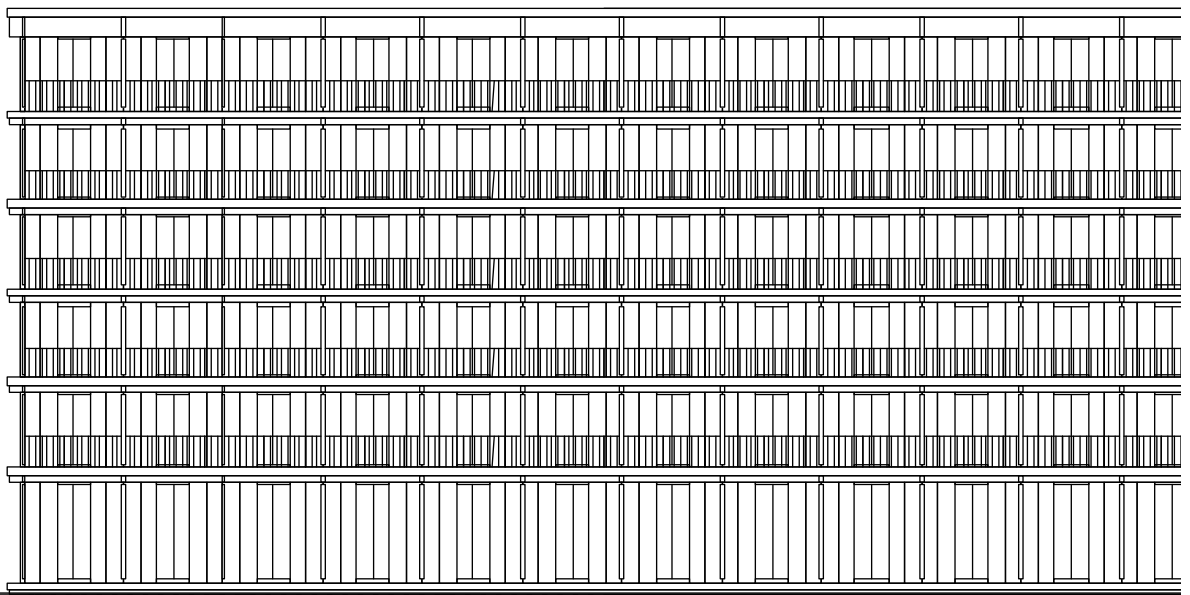
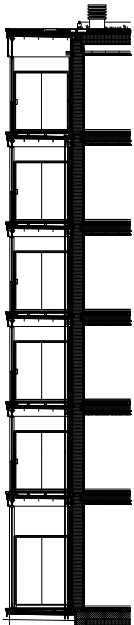
appartements A5 et A6



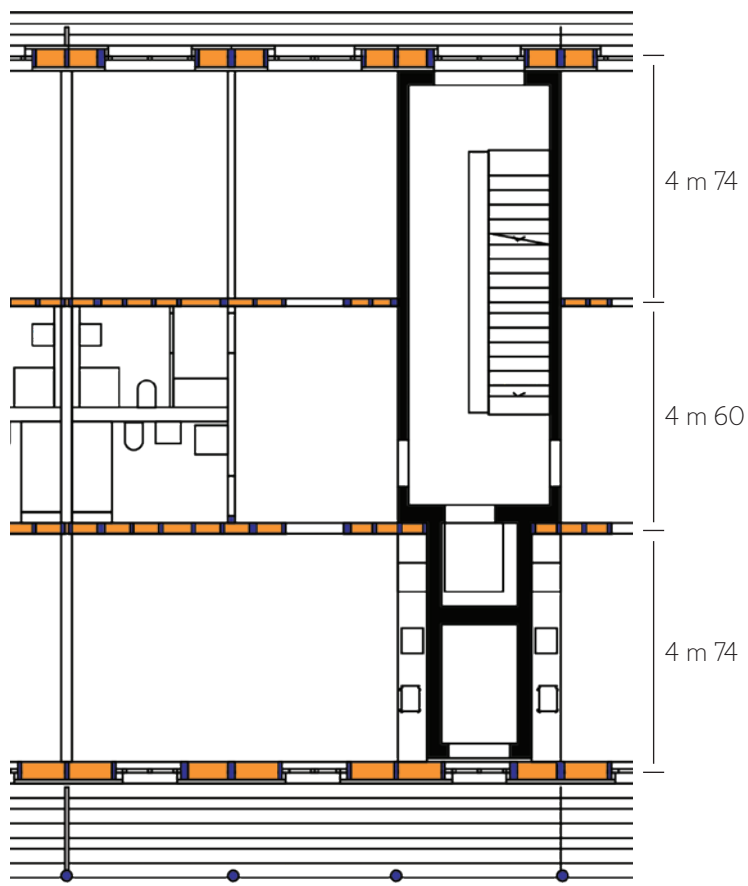
appartements A7



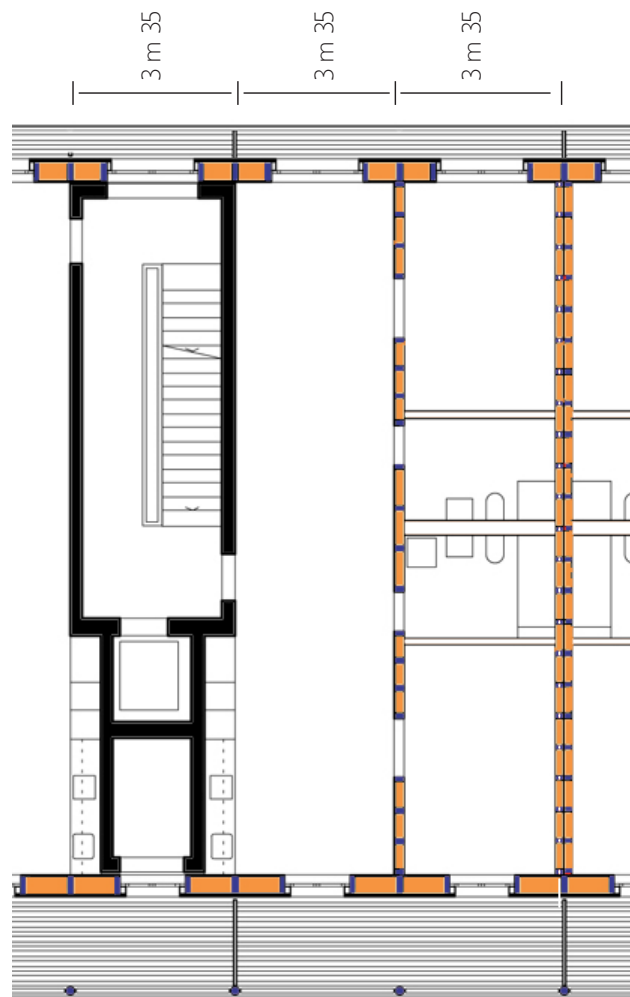
0 2 5 10







Bâtiments A5 et A6



Bâtiment A7

- ossature porteuse
- remplissage entre ossature
- cloisons non-porteuses
- noyaux en béton



## Structure

La structure en bois se base sur une répartition linéaire des charges, grâce aux axes intérieurs et aux façades porteuses. Le principe et les éléments employés restent les mêmes pour les trois bâtiments, malgré la rotation d'un quart de tour pour les appartements du A7. La structure, contreventée à l'aide des noyaux verticaux en béton, est composée de murs périphériques et de refend en ossature et de dalles en planches juxtaposées de bois massif clouées. Dans le A7, ces dernières reposent sur les axes des travées perpendiculaires au bâtiment. Dans les parois intérieures et les murs périphériques, les ouvertures sont placées juste entre des montants de l'ossature. Également ancrées dans les noyaux de béton, les dalles assurent la reprise des charges horizontales. Le choix de l'ossature comme construction s'est probablement fait en fonction de la linéarité et de la régularité des parois, tout en permettant une préfabrication maximale des éléments avec un volume optimisé de bois, limitant ainsi le nombre d'éléments déjà élevés à monter.

Les balcons, disposés le long des deux façades principales des trois bâtiments, augmentent encore la profondeur des appartements. Ces balcons reposent sur des poutres en bois apparent, dont une extrémité est ancrée à la façade porteuse, alors que l'autre est soutenue par des poteaux en bois en périphérie de la construction. La largeur des balcons côté nord-ouest permet de les utiliser comme extension de l'espace de jour, alors que les balcons côté sud-est sont plus réduits, car ils donnent sur les espaces des chambres. Les façades porteuses des bâtiments A5 et A6 soutiennent les éléments de dalles, alors que les façades du A7 ne soutiennent «que» les balcons ; leur composition reste pourtant similaire, probablement afin d'optimiser la production d'éléments standardisés en grande série.

## Q2 : Des plans rationnels

68

Pour ce projet, le choix du bois est essentiellement motivé par son adéquation à la modularité du plan, selon les dires de l'architecte relatés par Renggli SA dans leur Magazine. La configuration très rationnelle des espaces permet ici aux éléments préfabriqués de montrer tout leur potentiel dans la production de logements en masse. Dans les logements du bâtiment A7, la travée structurelle est mise en valeur grâce à l'espace de jour traversant, indiquant explicitement la direction que prend la structure en ossature. Une des caractéristiques de cette dernière est en effet de reposer sur des porteurs linéaires, contrairement à un système soutenu par des poteaux-poutres par exemple. L'espace traversant est également symbolisé dans les constructions A5 et A6, avec l'alignement des ouvertures d'une façade à l'autre. Même si la structure ne se dévoile pas dans les logements, la présence d'un système rationnel linéaire s'y fait fortement ressentir.

La question peut se poser quant à la détermination de la largeur des travées. Leur valeur invariable de 3m35 dans un sens et de 4m70 dans l'autre répond-elle à un impératif structurel ou à une volonté

architecturale? Si la régularité sans exception favorise la préfabrication en masse d'éléments industriels standardisés, la répercussion de cette contrainte sur les espaces peut être observée ici. Les travées correspondant au séjour auraient-elles pu être élargies, et celles des chambres et salles d'eau rétrécies ? Les valeurs qui ont été appliquées ici doivent correspondre à un compromis entre les exigences dimensionnelles des deux types d'espaces et la portée que peuvent franchir les dalles, sans devoir trop les épaissir. En effet, l'élargissement des travées aurait comme conséquence l'augmentation de l'épaisseur statique de la dalle, entraînant ainsi l'utilisation de bois supplémentaire et l'augmentation de la hauteur des bâtiments. Dans un système si modulaire et répétitif, le moindre changement, peut-être invisible à l'échelle de l'appartement, a de grandes répercussions sur l'ensemble s'il est appliqué à toutes les cellules. Le parti a peut-être été pris de proposer aux logements des espaces de vie plus étroits, afin de pouvoir insérer plus d'appartements.





### Q3 : Une façade en bois

À l'intérieur des bâtiments, le bois structurel ne se dévoile pas, même si la structure linéaire se repère aisément. Le constructeur justifie cette dissimulation par des «raisons techniques liées à la protection incendie» (Magazine Renggli, 2017, p. 5). On peut également supposer que la décision a été prise de ne pas laisser le bois apparent dans les logements, afin d'en faciliter l'entretien. Ainsi, si le projet se veut un manifeste à la construction bois en milieu urbain, il réussit son pari uniquement depuis l'extérieur, alors que l'intérieur des logements eux-mêmes ne bénéficient pas des qualités esthétiques et hygrométriques de ce matériau.

À l'extérieur par contre, le bois est magnifié. Alors que les tours voisines en béton, également du même architecte, adoptent la même géométrie de façade mais avec un langage plus proche des constructions en maçonnerie, les trois longs bâtiments se tournent résolument vers un revêtement en bois. Le projet présenté au concours portait déjà le nom de «Woodstock»; il se voulait alors le porte-drapeau d'un genre nouveau, porté ici par la mise en œuvre en milieu urbain des constructions visiblement en bois, et qui contournerait les conventions déjà établies (Knüsel, 2016, p. 34).

D'allure sévère car répétitive, les façades des immeubles sont dynamisées par les éléments qui les composent. Les dimensions des fenêtres sont identiques partout, que ces dernières donnent sur un espace de jour ou de nuit. Ces dimensions sont aussi égales à celles des panneaux de parement posés verticalement, et avec lesquels elles s'alternent. Les fenêtres vont du sol au plafond, probablement afin de renforcer la verticalité des éléments, mais aussi de maximiser les apports en lumière naturelle dans les profonds espaces. La répétitivité quasi obsessionnelle des éléments donne aux bâtiments l'impression que le système pourrait être étendu sans limite de longueur ni de hauteur.

La verticalité, induite par l'alignement des ouvertures sur toute la hauteur de la construction, brise les lignes horizontales créées avec les saillies des balcons qui courent tout autour des bâtiments et dont la profondeur diffère suivant les façades. Ces saillies horizontales dans la façade sont peut-être là pour symboliser l'empilement étage par étage des éléments préfabriqués, donc le montage du système constructif. Ainsi, même si la structure elle-même n'apparaît pas, sa construction se révèle à travers les lignes directrices des façades.

Les balcons sont soutenus par des poutres en bois, elles-mêmes portées par des piliers de bois posés au bord des balcons. Ce système de poteaux arrondis et de poutres en bois fait adopter à la façade un langage et des éléments découlant des systèmes en bois, comme pour pouvoir affirmer avec certitude qu'il est le matériau de construction principal de ces bâtiments. Cette assertion contrebalance celle des tours voisines, également construites par Rolf Mühlethaler, qui abordent des ouvertures identiques en proportion mais dont le langage architectural des façades découle de l'utilisation du béton, soit une façade crépie avec de fins balcons en porte-à-faux.

Ces trois bâtiments réussissent donc actuellement à s'imposer comme un exemple phare en faveur des bâtiments ouvertement construits en bois dans un contexte urbain, malgré le fait que l'intérieur des logements ne profite pas des qualités ornementales de ce matériau comme il le fait avec ses qualités structurelles. La récente réalisation de cet ensemble nous empêche encore de voir ses répercussions sur de futures constructions, comme l'exemple précurseur de l'ensemble à Hegianwandweg a pu être utilisé comme modèle pendant les années suivant sa construction.



## 4.A.3 Le bois au service de la modularité

architectes : Bauart Architectes et Urbanistes  
SA, Berne

lieu : Luthernmatte, Nebikon (LU)

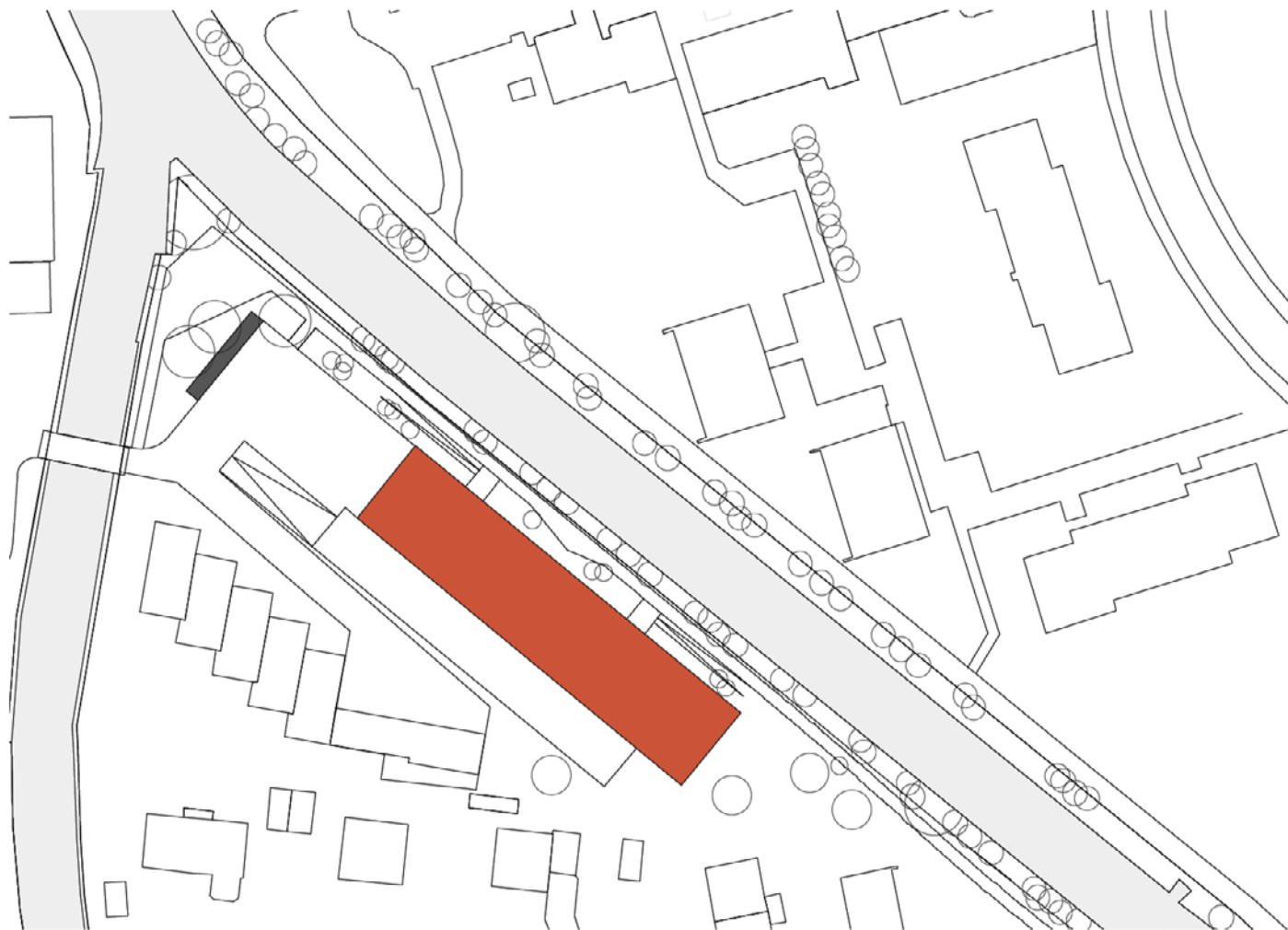
réalisation : 2013 - 2014

1 immeuble contenant 18 appartements

structure bois : murs périphériques en ossature  
bois, poteaux-poutres en métal, planchers en  
caissons bois

Swisswoodhouse est un système de construction développé conjointement par le bureau d'architecture Bauart, le constructeur bois Renggli SA et les ingénieurs bois Pirmin Jung. Il se base sur plusieurs concepts, à savoir le développement durable, la société à 2000 watts, la flexibilité des logements et la densification. Le bâtiment étudié ici est un projet pilote, le premier construit à partir du concept Swisswoodhouse.

Sur la base d'une structure combinant le bois, le métal et le béton, les dix-huit appartements sont configurés suivant une trame stricte, à l'intérieur de laquelle se juxtaposent des modules de taille similaire qui rassemblent les différents usages du logement. Ce système modulaire se veut simple à réaliser, afin de proposer une construction efficace et rapide et permettre une multitude de configurations. À terme, les constructions utilisant ce modèle pourraient proposer des formes et des aspects divers et variés.





## Q1 : Pourquoi le bois ?

Dans l'optique de créer une construction durable, le bois comme structure est sélectionné ici pour plusieurs de ses caractéristiques. Kathrin Merz, architecte au bureau Bauart à Berne, énumère notamment les avantages du bois liés à l'écologie, soit la quantité de CO<sub>2</sub> stockée dans le bois, la réduction des émissions et la nature renouvelable du bois (selon entretien par écrit le 8 décembre 2017). Ces critères, qui participent au bilan favorable d'une structure en bois par rapport à l'environnement, sont importants pour satisfaire les exigences de la société à 2000 watts et de la durabilité du bâtiment.

Le choix du bois pour cette structure se justifie également par la facilité de préfabrication ainsi que par la rapidité du montage d'éléments en bois. Le temps de construction requis est en effet moins long que celui nécessaire pour une structure en maçonnerie. La préfabrication en usine des éléments en bois, effectuée ici par le constructeur bois Renggli SA, rend possible une précision difficilement atteignable avec une fabrication à même le chantier. Elle permet également de réaliser des éléments

en bois en usine, soit dans un climat protégé et maîtrisé, afin d'optimiser les conditions dans lesquelles le bois est assemblé. Ces conditions permettent une grande précision lors de la préfabrication des éléments (Moulin & Lequenne, p. 17).

Kathrin Merz évoque également l'amélioration du confort ressenti avec une structure en bois par rapport à une structure porteuse en béton. On peut supposer que ce confort est induit par la régulation de l'humidité présente dans les logements grâce au bois ; néanmoins, ce dernier n'étant pas apparent à l'intérieur de cet immeuble, cet atout est probablement amoindri par rapport aux capacités réelles du bois.

Ces raisons permettent d'affirmer que, pour cette construction, le bois est avant tout utilisé pour ses qualités environnementales. Swisswoodhouse étant un concept résolument ancré dans la recherche d'une solution face aux problèmes environnementaux actuels, il permet de démontrer les avantages de l'utilisation du bois pour les constructions durables.

## Logements : description des plans

Les plans du bâtiment sont basés sur une juxtaposition régulière de modules dont la taille diffère suivant leur position. Cette trame, mise en exergue dans les pages suivantes, est composée de trois travées : celle du centre mesure 4 mètres de large, et est entourée de deux travées de 4m32 de large chacune, le tout sans compter l'épaisseur des parois. Ces valeurs déterminent, comme on le verra par la suite, la portée des dalles en bois.

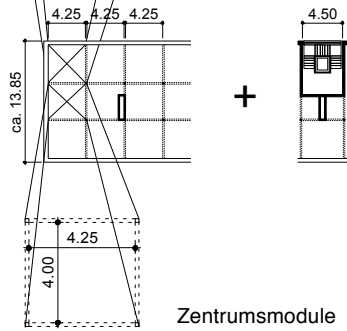
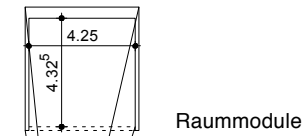
Le nombre de modules mis côte à côte dans ces travées définit la longueur du bâtiment. Dans cette longueur se juxtaposent des modules d'une largeur de 4m25, excepté ceux des circulations verticales, dont la largeur augmente à 4m50.

La régularité du système porteur, strictement respectée, n'empêche pas la diversité instaurée dans les modules eux-mêmes. Ces derniers se répartissent en deux groupes. Ceux de la travée du centre, mesurant 4m sur 4m25, comprennent notamment les salles d'eau s'organisant autour des gaines techniques situées uniquement dans cette travée. Les travées placées sur les côtés du bâtiment comprennent des espaces de jour ainsi que de nuit. L'assemblage de ces modules permet d'obtenir des logements aux configurations variées, tout en respectant la régularité de la trame structurelle (voir page suivante).

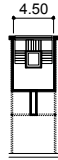
Les cages d'escalier ainsi que les espaces de nuit sont principalement orientés vers le nord-

est. Les salles d'eau sont rassemblées en deux noyaux, dans la travée centrale. Cette dernière peut également contenir des espaces de jour, de nuit et d'entrée. Si ces espaces ne bénéficient pas directement de la lumière naturelle amenée depuis les façades, comme aux extrémités, une loggia leur est accolée. Au rez-de-chaussée, on voit que les généreux espaces d'entrée centraux sont cloisonnés, ne bénéficiant ainsi pas de lumière naturelle. Deux doubles portes leur sont apposées afin de créer une enfilade de façade à façade pouvant leur apporter de la lumière. Ce dispositif rappelle celui observé dans les Freilager, à la page 64. On peut émettre l'hypothèse que ces astuces révèlent les failles d'un système peut-être trop strictement respecté, ou pas assez extrême.

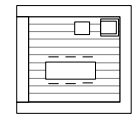
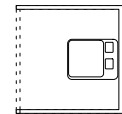
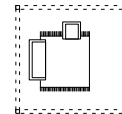
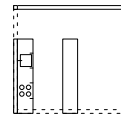
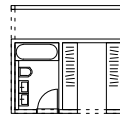
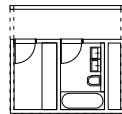
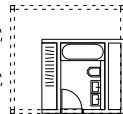
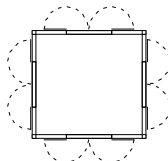
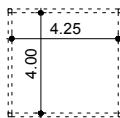
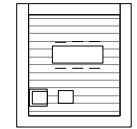
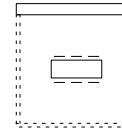
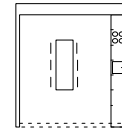
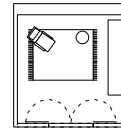
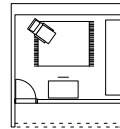
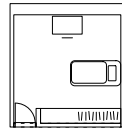
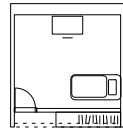
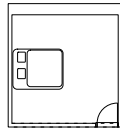
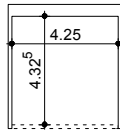
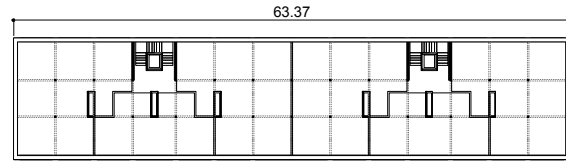
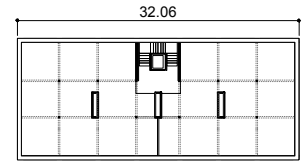
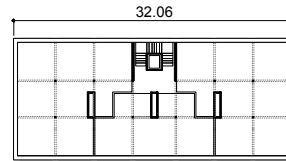
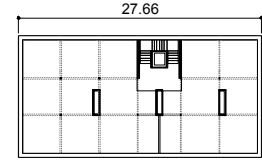
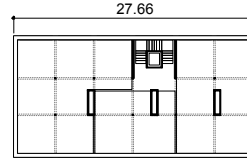
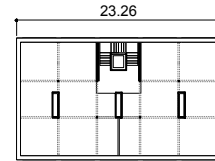
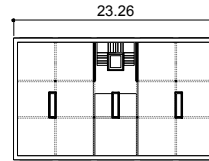
Presque chaque logement bénéficie au moins d'une double orientation et d'un espace extérieur. Dans les plus grands appartements, une double porte donne accès à la chambre la plus proche des espaces de jour et de l'entrée. Cette particularité offre la possibilité de donner à cette chambre une autre attribution, comme un bureau ou l'extension d'un séjour. Cette réflexion s'inscrit dans la volonté des architectes de proposer des logements flexibles, à la fois dans leur utilisation mais aussi dans le temps. L'absence de murs porteurs intérieurs, comme on le verra avec la structure, permettrait en effet d'adapter les logements aux usages changeants avec le temps, augmentant ainsi la durabilité du bâtiment.

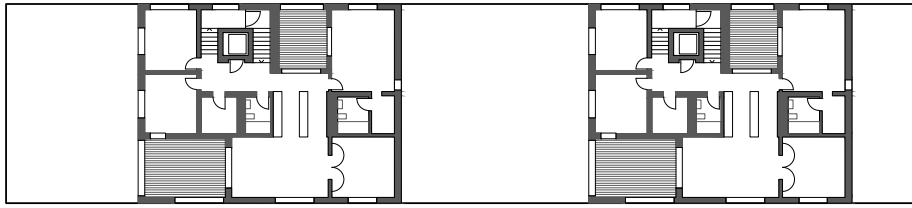


+

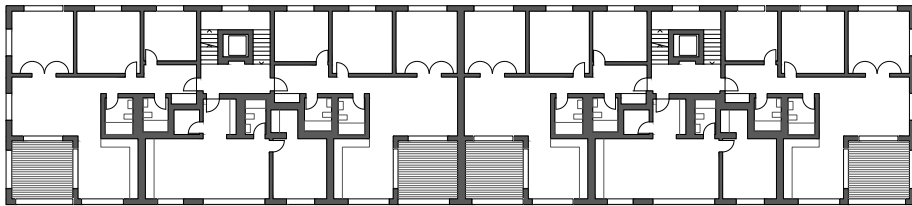


=>

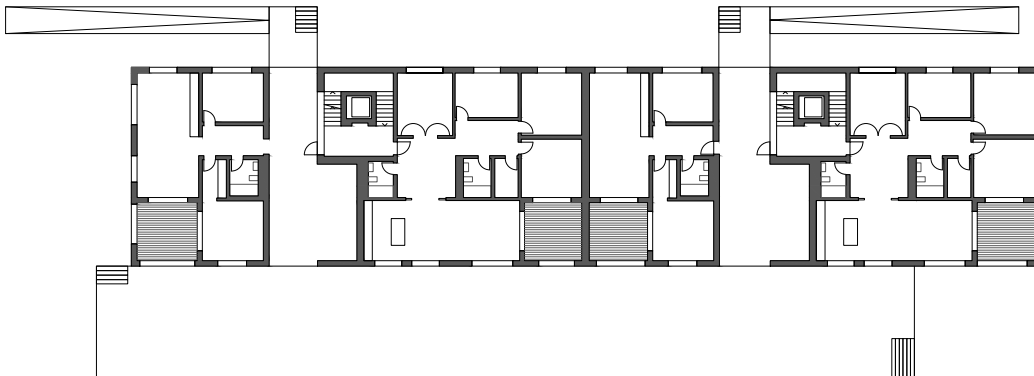




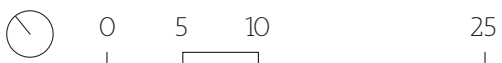
Attique

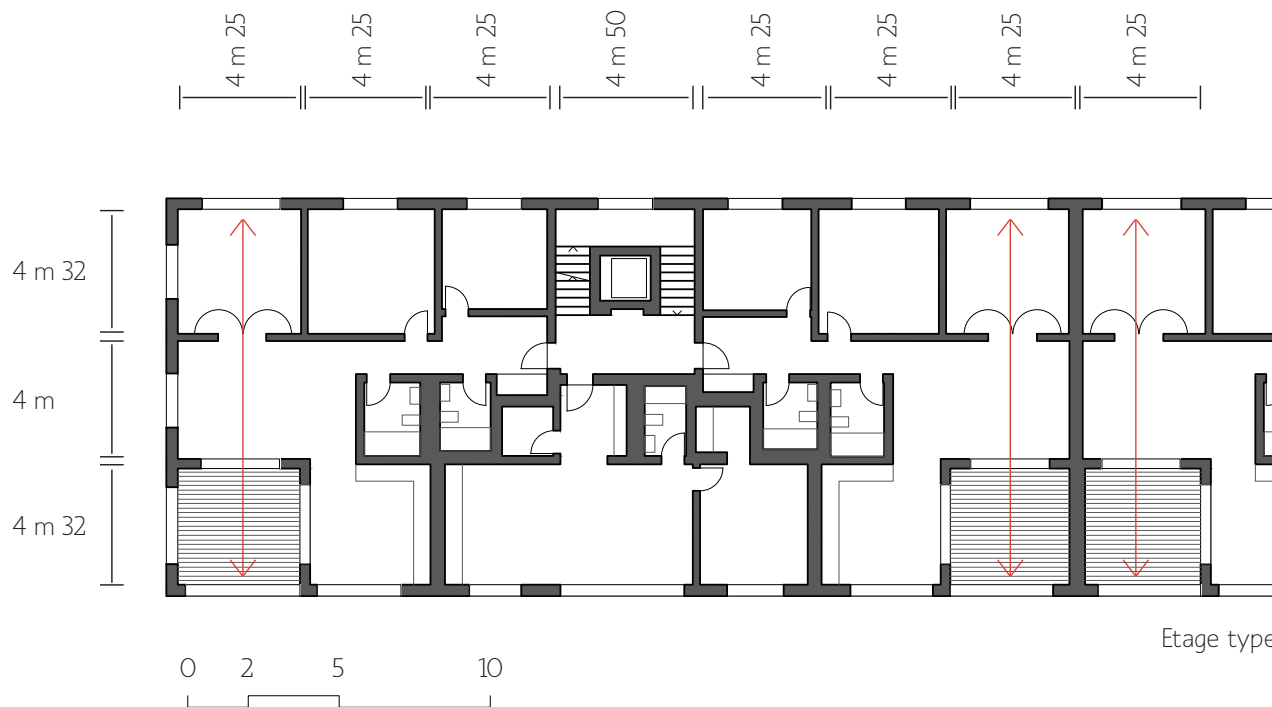


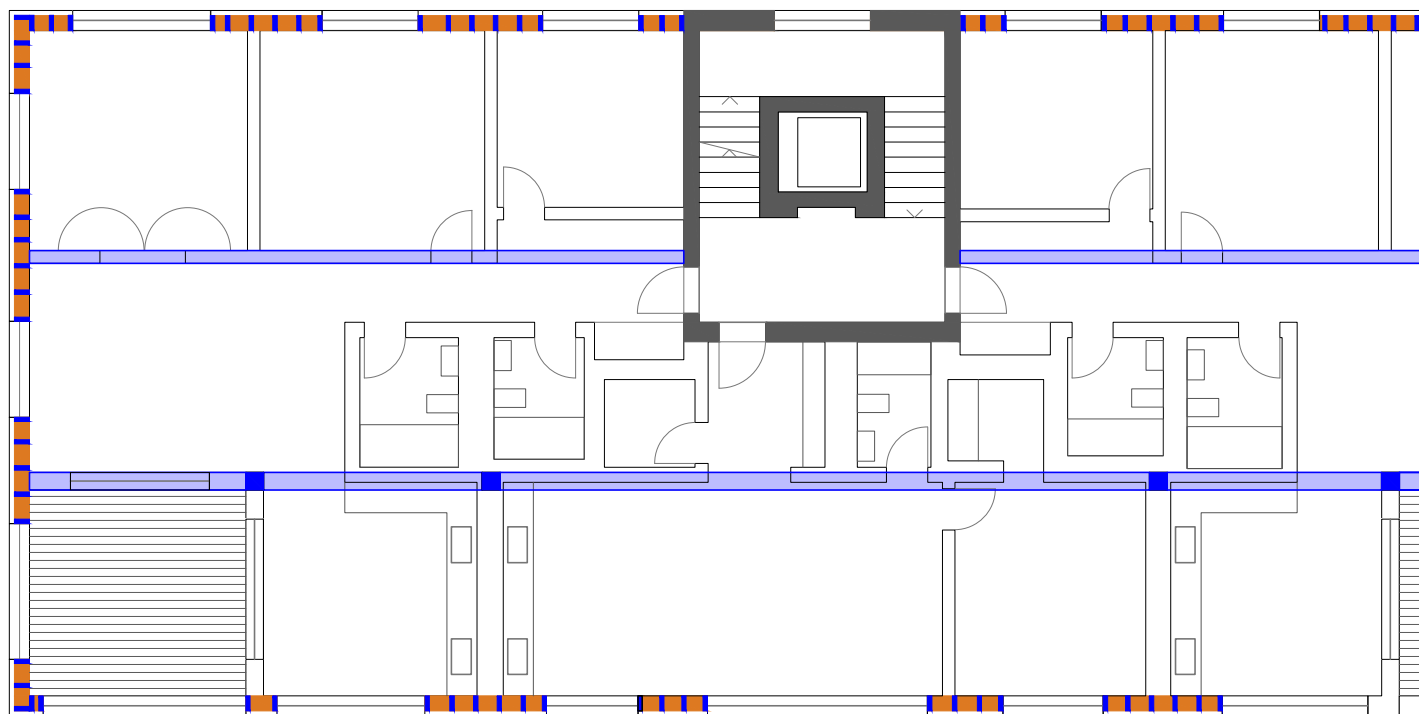
Etage type



Rez-de-chaussée



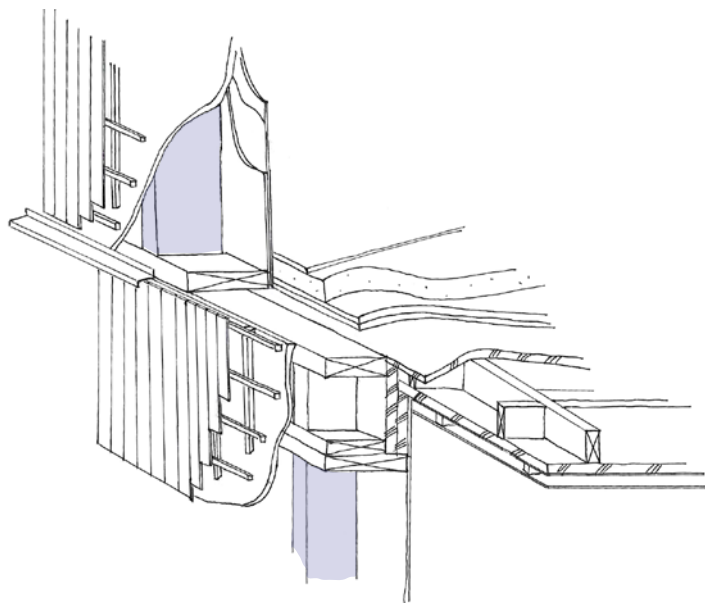




0 1 2 5

A horizontal scale bar with markings at 0, 1, 2, and 5 units.

-  poutres métalliques
-  ossature bois, poteaux métalliques
-  remplissage entre ossature
-  cloisons non-porteuses
-  noyaux en béton



## Structure

Le système porteur du bâtiment se base sur une structure combinant plusieurs matériaux, soit le béton, le bois et le métal. Afin de garantir la flexibilité de la configuration intérieure, la structure est composée de poteaux et de poutres en métal. Le choix de ce matériau est justifié par la réduction des sections de poteaux et de poutres qu'il engendre, selon Kathrin Merz. L'emploi du bois n'aurait pas permis d'intégrer les poteaux et les poutres dans l'épaisseur des murs et des planchers. Selon les dires de l'architecte, «la poutre métallique a pu être intégrée dans l'épaisseur statique de la dalle (sans être apparente). En bois, cette poutre en question aurait été apparente.» Comme on le verra ensuite, la volonté architecturale de ne pas faire apparaître le bois dans les logements a pesé dans cette décision, au risque de se retrouver avec une structure hybride, associant au bois un autre matériau.

La structure en bois à proprement parler se trouve dans les façades. Ces dernières sont constituées de panneaux préfabriqués en ossature bois, comblés d'isolation et intégrant en usine les menuiseries et le bardage extérieur. Les deux façades les plus longues sont porteuses et contribuent au soutien des

éléments de dalle, posés perpendiculairement aux travées principales. Des poteaux métalliques se répartissent le long des deux travées centrales et soutiennent des poutres métalliques. C'est entre ces dernières et les façades que vont reposer les trois rangées de dalles.

Ces dalles sont quant à elles fabriquées en caisson de bois, soit des solives prises en sandwich entre deux panneaux de bois. Les espaces entre les solives sont remplis avec du gravier, afin de garantir une bonne isolation phonique et une masse thermique suffisante. Ancrées dans les deux noyaux de circulation verticale coulés en béton et les poutres métalliques, les dalles assurent la reprise des charges horizontales que subit le bâtiment. L'ensemble de ce dernier est posé sur un socle en béton.

Malgré la présence d'une structure intérieure formée par des poteaux et des poutres en métal, la structure porteuse en bois présente en façade est une ossature. Cette particularité, ainsi que la présence des dalles en caisson de bois, justifie le classement de ce bâtiment dans le type «structure en ossature bois», si on ne prend en considération que ce matériau.

## Q2 : Des plans modulaires

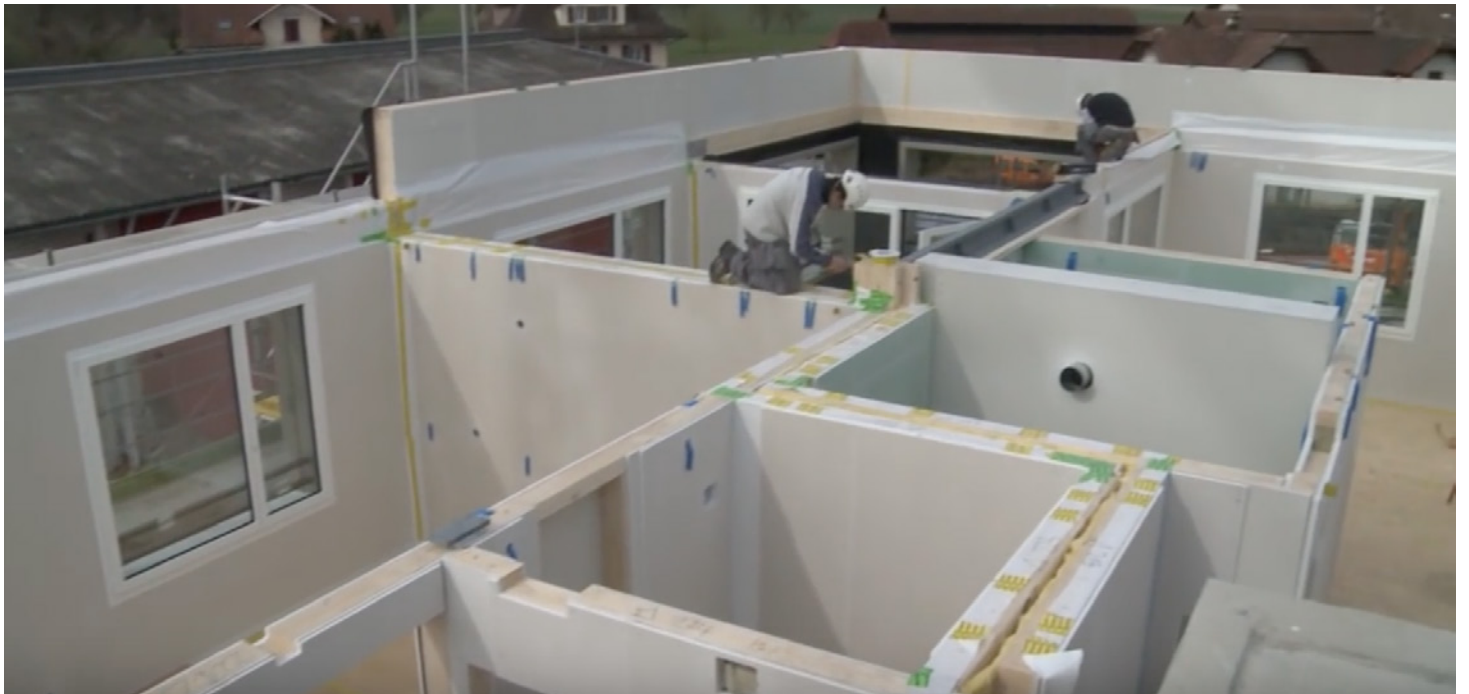
Ce projet a la particularité d'être déterminé par la juxtaposition de modules déjà définis. Les modules s'insèrent dans une trame régulière qui correspond à l'emplacement de la structure porteuse. Malgré le fait de devoir strictement respecter la trame, Kathrin Merz stipule que «l'approche systématique ouvre justement une très grande flexibilité en plan et en façade.» La modularité est un moyen efficace de répondre à la nécessité actuelle de densification, en définissant un concept pouvant être adapté à différents contextes.

84 La rapidité nécessaire de mise en œuvre fait également partie des avantages de l'utilisation du bois. Grâce au niveau de préfabrication assez développé utilisé ici, les panneaux en bois peuvent rapidement être montés sur le site. Cela permet de raccourcir considérablement le temps de chantier nécessaire.

Tout le potentiel d'une construction modulaire est mis en œuvre ici. Les avantages d'un tel système comprennent la facilité de configurer des logements dont les modules et la trame sont déterminés à l'avance grâce au concept longuement réfléchi du Swisswoodhouse. Cette planification anticipée facilite également la préfabrication des éléments, dont la composition est déterminée une première fois en détail puis adaptée ensuite à la forme et

l'apparence de chaque bâtiment construit suivant ce modèle. Néanmoins, même si la modularité se remarque aisément en observant les plans, la présence du bois dans la structure n'est pas explicitement exprimée dans ce bâtiment.

La structure en bois n'est pas apparente dans les logements, elle se devine donc difficilement. La seule caractéristique d'une structure en bois retrouvée dans les logements est la largeur de la trame structurelle, déterminée suivant la portée optimale des dalles en bois. L'espacement de la trame est calculé dans le but de choisir «une solution très économique si on considère la portée, la hauteur statique et le coût», selon Kathrin Merz. Néanmoins, on peut émettre une retenue par rapport au choix du métal comme structure intérieure. Cette décision se base sur les sections que le métal engendre, plus faibles que si les poteaux et poutres avaient été en bois. Les poutres auraient alors peut-être été apparentes dans les logements, car elles n'auraient pas été comprises dans l'épaisseur des dalles, comme c'est le cas du métal. La structure en bois apparente aurait donc été une concession à faire afin d'avoir les poteaux et poutres dans ce matériau, concession que n'ont pas semblé vouloir faire les architectes.





### Q3 : Une façade en bois

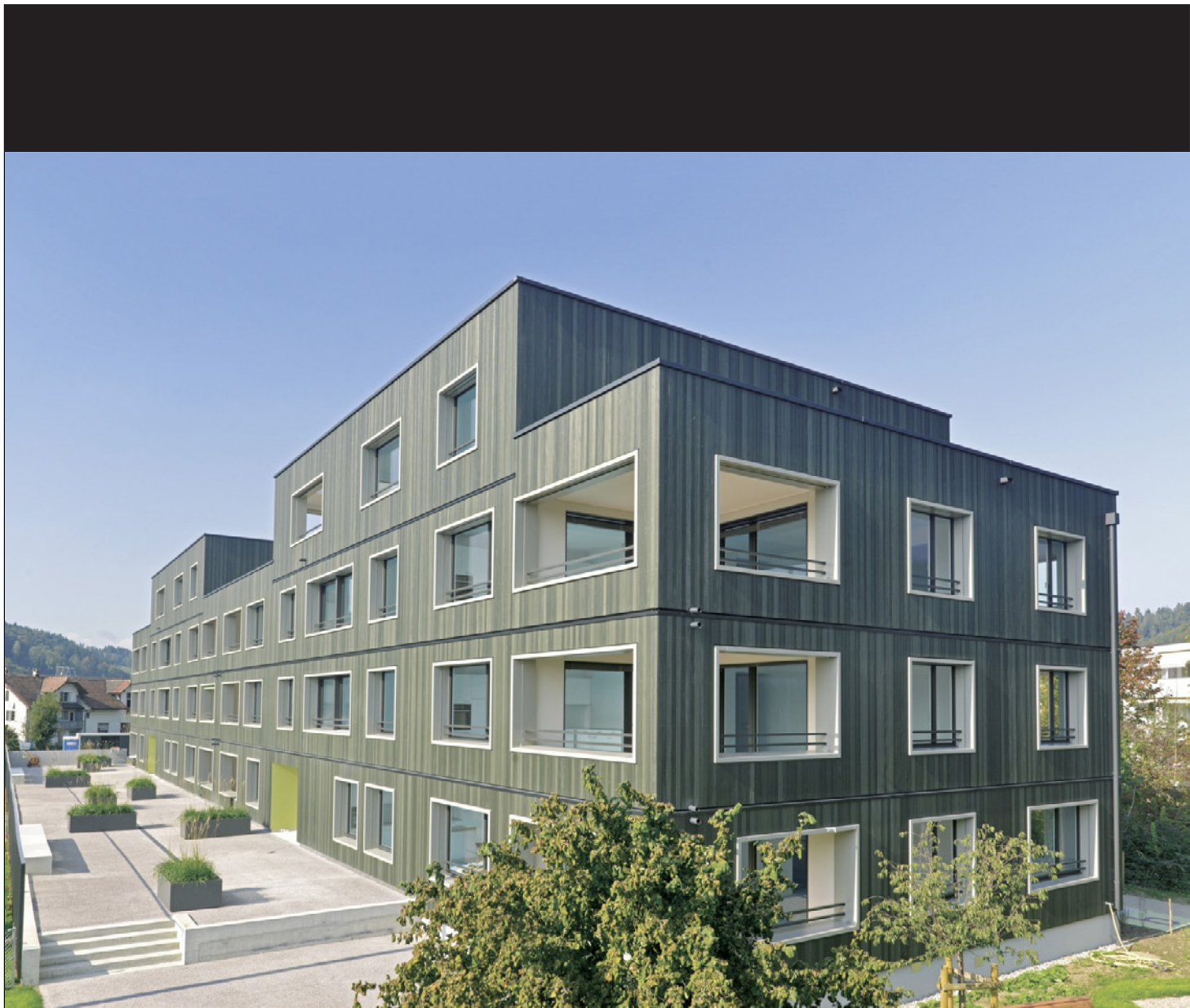
Dans les logements, la structure en bois n'est pas laissée apparente. L'architecte Kathrin Merz indique que le choix de ne pas faire transpar  tre une structure intérieure en bois émane directement du maître d'ouvrage, et que les choix du langage architectural intérieur ont été faits en conséquence. Elle précise également que le bois dans des logements locatifs est compliqué à entretenir, raison pour laquelle il n'a pas été retenu ici, même s'il aurait été possible de laisser le bois apparent.

La composition irrégulière des façades et des ouvertures qui la composent ne laisse pas se dévoiler la trame strictement régulière présente dans le bâtiment. On peut supposer que cette absence de modularité en façade est un choix conscient effectué par les architectes qui souhaitent concevoir des logements collectifs mais sans leur donner un sentiment d'anonymat induit par une répétition trop grande d'éléments identiques.

Seule l'homogénéité dans la dimension des ouvertures en façade dévoile la volonté de standardisation des éléments, nécessité préférable afin d'assurer une préfabrication en usine efficace et rapide de l'ensemble.

Si la structure en bois n'est pas apparente en façade, le matériau est tout de même présent sous forme de bardage vertical. Ce dernier est interrompu dans sa hauteur par la présence de bandes horizontales métalliques, placées en légère saillie par rapport au bardage, et qui assurent l'interruption de la continuité verticale du bardage en cas d'incendie. Ces bandes sont posées à l'emplacement du raccord entre les éléments superposés de façade. On peut donc supposer qu'elles symbolisent également l'empilement des éléments de façade. Kathrin Merz ajoute que ces «bandes coupe-feu ont été utilisées pour structurer l'image de la façade», soit contrebalancer l'effet produit par le bardage vertical.

L'architecte précise également que, d'après le concept de Swisswoodhouse, plusieurs types de revêtement extérieur peuvent être utilisés. Un bardage en bois a néanmoins été employé pour ce projet pilote, afin d'exprimer au mieux depuis l'extérieur les valeurs portées par la construction, soit sa durabilité et ses avantages environnementaux, qui sont ici représentées grâce au bois. L'hypothèse peut également être lancée que ce matériau en façade s'intègre harmonieusement dans cet environnement bâti plutôt rural, le bois apparent en façade s'adaptant ici mieux que dans un contexte urbain.



## 4.B.1 Le bois qui ne veut pas se révéler

architectes : Bonhôte-Zapata, Genève

lieu : av. Victor Ruffy 57-63, Lausanne

réalisation : 2008-2010

4 immeubles contenant 64 logements

structure bois : murs périphériques porteurs en poteaux-poutres, remplissage ossature en bois, dalles en planches juxtaposées clouées

90

Marquant le début d'un vaste programme de construction de logements initié par la Ville de Lausanne, les quatre immeubles de l'Avenue Victor Ruffy reflètent les préoccupations environnementales actuelles. Dès la phase de concours, les critères prônant la durabilité de la construction étaient clairement énoncés. Antoine Hahne les énumère ainsi : «utiliser de manière optimale les ressources en bois de la ville ou des environs, tendre vers Minergie, offrir des logements de qualité à prix abordables» (Hahne, 2005, p.6). L'utilisation du bois en tant que structure était donc un prérequis indispensable dès le début de la phase de concours, remporté par les architectes genevois Bonhôte Zapata. Les éléments en bois ont été préfabriqués par le constructeur bois Amédée Berrut SA, à Vouvry (VS), à partir du bois provenant des forêts de Lausanne et de ses environs.



0 10 20 50





## Q1 : Pourquoi le bois ?

Les parcelles sur lesquelles se sont construits les quatre immeubles appartiennent à la Ville de Lausanne qui a donné un droit de superficie à une coopérative dans le but de construire entre soixante et septante logements. Selon les exigences de la Ville, ces derniers devaient répondre aux standards énergétiques de type Minergie-Eco. Dans cette optique ainsi que dans celle de réduire l'énergie grise nécessaire à la construction des bâtiments, l'utilisation du bois pour la construction a été un critère fondamental imposé par le maître d'ouvrage lors du concours.

Le rapport au bois a été très fort durant les phases de concours et de projet. En effet, comme le stipule Philippe Bonhôte, «il y a eu un suivi où on a été voir quels arbres allaient être coupés, on les a coupés, on les a fait sécher, (...). C'est assez sympa, parce que les arbres ont eu le temps de sécher pendant qu'on travaillait, qu'on commençait le gros œuvre etc.» (entretien à Genève, le 16 novembre 2017). Cette démarche montre l'importance donnée à la ressource naturelle qu'est le bois. Ce dernier a également été sélectionné en fonction de sa proximité avec le projet, et on peut supposer que le soin apporté à sa sélection et à sa mise en œuvre lui a en quelque sorte apporté une individualité, une présence spéciale qu'on ne retrouve pas aussi forte dans les autres projets.

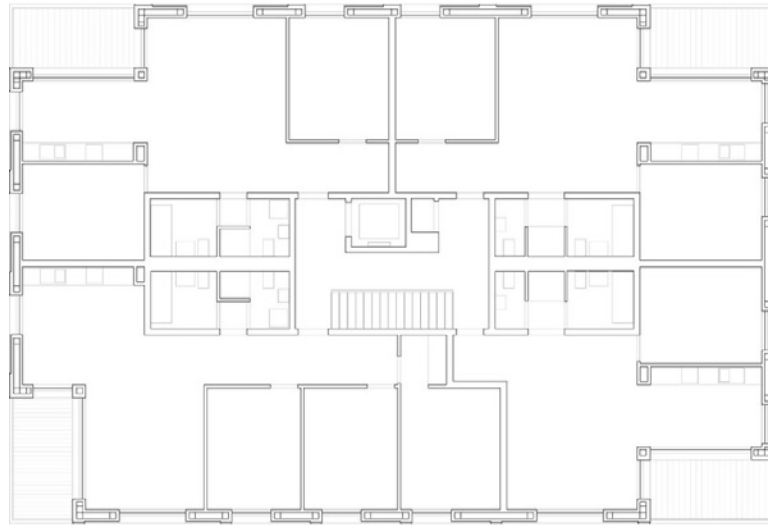
Dès lors, la question du rôle du bois dans cette construction peut se poser. Se voulant un bâtiment Minergie-Eco dès la phase de concours, l'utilisation du bois a permis de réduire l'énergie grise dépensée dans cette construction, malgré la quantité de matériaux utilisée en plus pour répondre aux exigences d'un tel label (Della Casa, 2009, p. 10). Le bois a été sélectionné ici afin d'améliorer le bilan environnemental du bâtiment et de profiter de ses avantages quant à sa mise en œuvre, soit une préfabrication avancée et un montage rapide.

Malgré les exigences élevées des labels énergétiques à atteindre, le bois révèle ici son potentiel dans une optique d'économie des ressources nécessaires à la construction, soit l'énergie grise, et au bon fonctionnement du bâtiment.

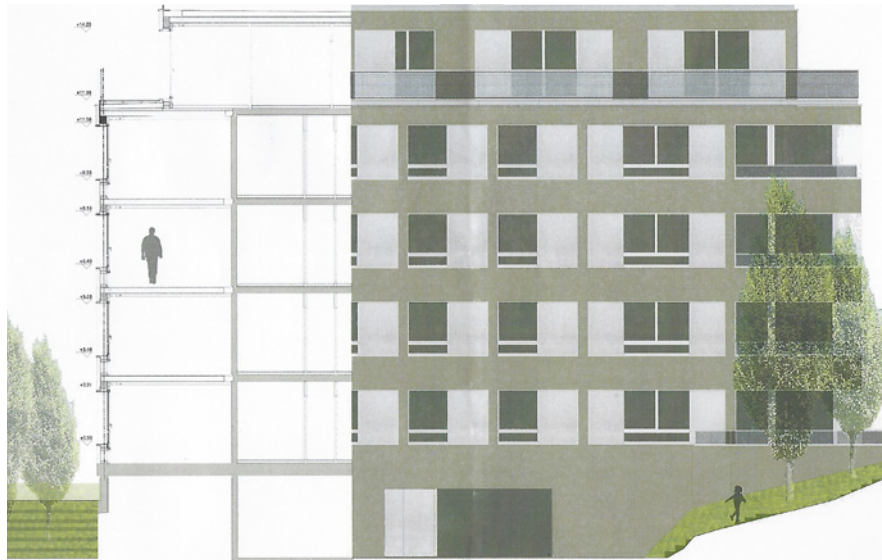
## Logements : description des plans

Les quatre immeubles construits à l'avenue Victor Ruffy sont en tout point identiques, mise à part une légère rotation que subit leur orientation. Construits sur deux socles en béton comprenant les parkings souterrains, ils sont constitués de trois étages au-dessus du rez-de-chaussée, et sont surmontés d'un attique. Dans chaque bâtiment, ce dernier étage contient deux appartements. Les autres paliers desservent entre trois et quatre appartements. Quelle que soit leur taille, les logements comprennent tous un balcon situé dans un angle du bâtiment, entouré par une cuisine ouverte et un séjour. Les chambres sont placées plus vers le centre des façades. Ces espaces sont organisés autour d'un noyau central construit en béton, qui comprend la circulation verticale de l'immeuble ainsi que les salles d'eau des logements. La configuration est la même pour tous les logements des quatre immeubles, dont seul le nombre de chambres varie afin de proposer plusieurs tailles d'appartements. Les attiques présentent une configuration particulière, par le fait qu'ils comportent une terrasse faisant tout le tour du dernier étage, ce qui diminue les dimensions de la surface intérieure de l'étage.

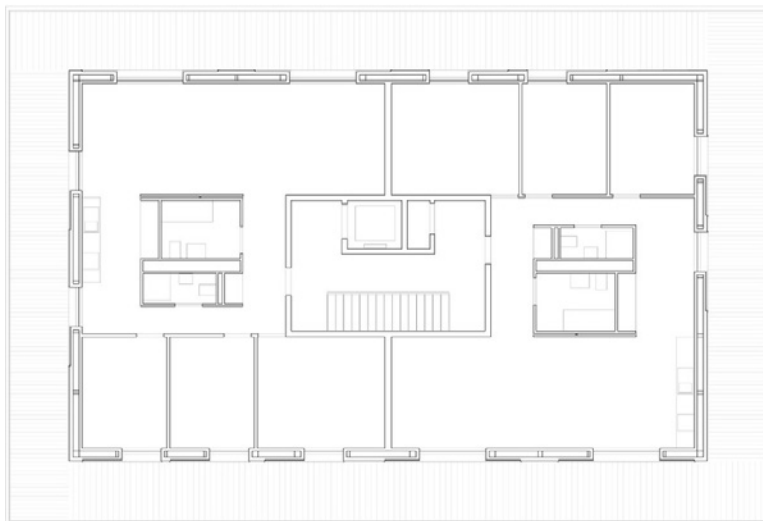
En 2009, un article de Francesco Della Casa, paru dans le magazine *Tracés*, met l'accent sur la neutralité de ces typologies. Les cloisons intérieures n'étant pas dictées par une structure intérieure, elles pourraient être adaptées ultérieurement à la construction à des besoins changeants dans le temps, sans que les modifications souhaitées soient entravées par la présence d'éléments porteurs (Della Casa, 2009, p. 7-8). Si elle est de plus en plus présente dans la conception des logements contemporains, cette particularité n'est pas le principal atout de ces appartements. La présence des balcons et des espaces de jour dans les angles amène à ces espaces une quantité considérable de lumière naturelle, ainsi que des points de vue privilégiés dirigés selon plusieurs orientations.



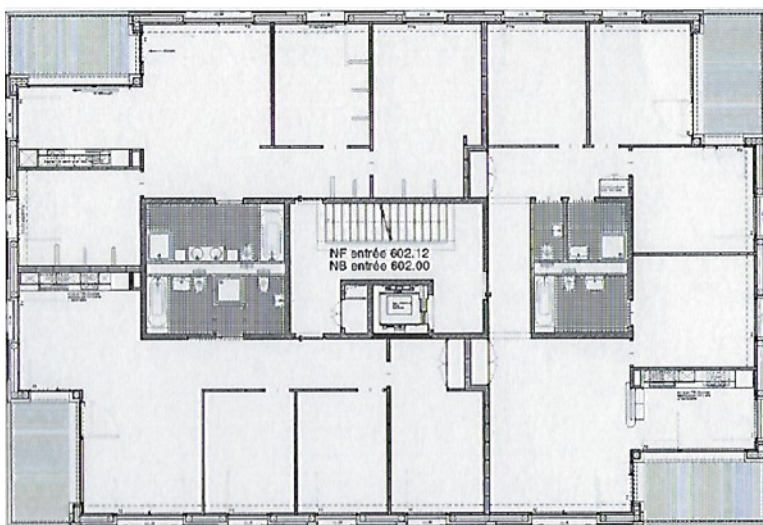
Etage type



0 2 5 10



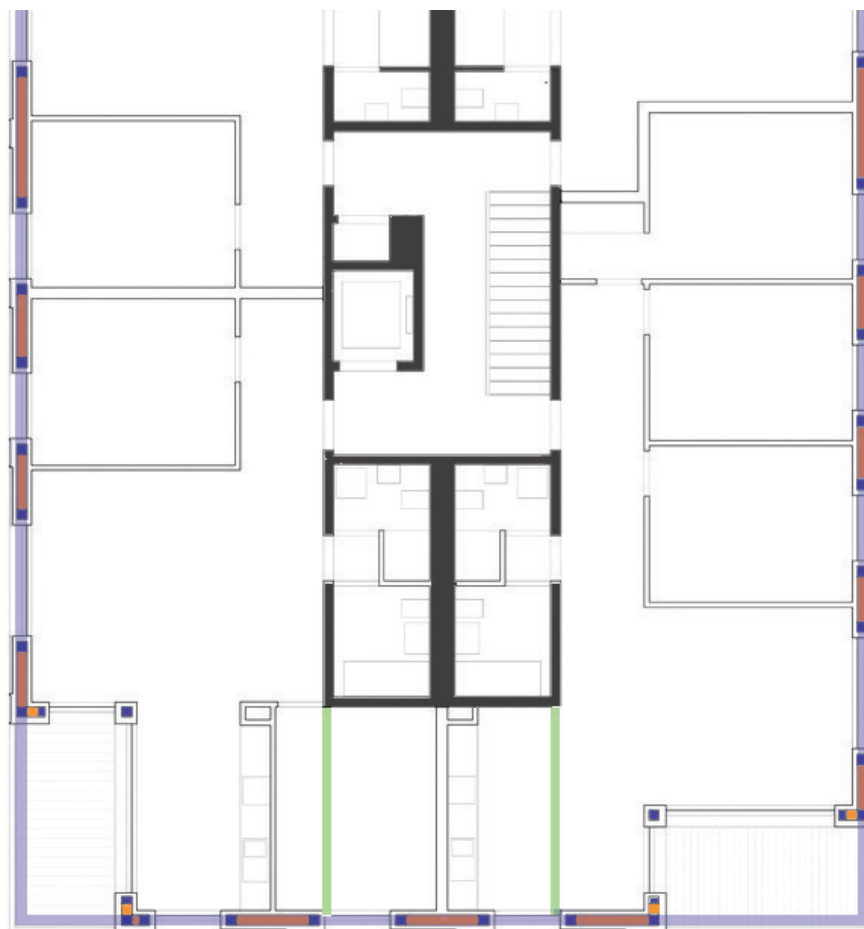
Attique



Rez-de-chaussée







0 1 2 5

- poutres en métal
- poutres en bois
- poteaux en bois
- remplissage entre ossature
- cloisons non-porteuses
- noyau en béton

## Structure

Présente dès les premières phases du processus de conception, la structure en bois est réalisée grâce à la collaboration entre les architectes, l'ingénieur bois et le constructeur bois. Elle est montée autour des noyaux de circulation en béton qui assurent le contreventement des immeubles.

Les façades porteuses sont constituées d'une structure de type poteaux-poutres, réalisés en bois lamellé-collé. Les poteaux, de la hauteur d'un étage, sont placés autour des fenêtres. À chaque étage, ces poteaux soutiennent une poutre de la longueur de la façade, qui soutient elle-même les poteaux de l'étage supérieur. Le fait de ne pas mettre de poteaux porteurs dans les angles du bâtiment permet aux balcons d'angle de se retrouver en porte-à-faux, décision voulue par les architectes, comme on le verra dans les pages suivantes.

Les éléments des façades sont préfabriqués sur la hauteur d'un étage. Ils arrivent sur le chantier déjà assemblés et isolés. L'isolation se trouve dans le remplissage entre les poteaux porteurs. Elle est constituée d'une structure secondaire en ossature, elle-même en bois, qui comprend une épaisseur de 20 centimètres d'isolation. Cette dernière n'étant pas suffisante pour répondre aux exigences d'un label Minergie-Eco, une couche supplémentaire de 10 centimètres d'isolation est ajoutée à l'extérieur de la façade, après le montage des

éléments en bois. Même si cette préfabrication est caractéristique des parois en ossature bois, ce cas est classé dans la catégorie des structures bois en poteaux-poutres. En effet, la grande dimension des éléments porteurs en bois correspond davantage à ce type de structure qu'à une ossature rassemblant des montants rapprochés de plus petites dimensions.

Les éléments de dalle sont élaborés à partir de planches massives juxtaposées clouées. Les dalles, préfabriquées en atelier, voient les planches qui les constituent se décaler légèrement dans la hauteur les unes par rapport aux autres. Des panneaux en OSB sont ensuite cloués de part et d'autre de ces dalles, afin d'en assurer le contreventement.

Les dalles ont une portée comprise entre les façades porteuses et les noyaux en béton. Leur sens de portée est continu sur toute la longueur des façades les plus longues. Mises en évidence sur le plan ci-contre, des poutres métalliques, posées entre les noyaux et les façades les plus courtes, reprennent les éléments de dalle posés dans les angles sans devoir changer leur orientation. Seules les dalles entre le noyau en béton et les façades les plus courtes voient leur sens de portée modifié de 90° par rapport aux autres ; elles portent elles aussi du noyau jusqu'aux courtes façades porteuses.

## Q2 : Le plan qui détermine la structure

Comme on l'a vu précédemment, utiliser du bois comme structure était pour ce projet une exigence de départ au concours. Un ingénieur bois a collaboré avec les architectes dès le début du processus. Les plans et les façades ont donc été conçus parallèlement à la structure. On peut supposer qu'au fil de la conception du projet et de ses logements, la structure et les logements se sont probablement influencés tour à tour, sans toutefois que les contraintes liées à la structure en bois ne prennent le pas sur les décisions architecturales.

100

Quant aux contraintes d'une structure en bois sur le logement, Philippe Bonhôte explique qu'elles ne sont pas si importantes : «on peut faire ce qu'on veut en réalité, c'est pas si compliqué». La conception des logements n'est donc pas forcément dictée par les caractéristiques d'une structure en bois. Au contraire, cette dernière peut prendre une multitude de configurations, chacune amenant avec elle des caractéristiques qui s'adaptent aux diverses configurations de logements. Selon l'architecte, il existe d'autres critères qui sont plus déterminants que la structure dans les prises de décisions relatives à la conception des logements, comme les contraintes économiques ou de dimensions des appartements.





### Q3 : Le bois dissimulé

Ces considérations nous entraînent vers une autre question : comment le bois est-il révélé, et l'est-il vraiment? Il n'est ici apparent ni à l'intérieur, ni à l'extérieur des bâtiments. Malgré la présence d'une quantité importante de bois dans la construction, la décision a été prise de ne rien laisser entrevoir de cette masse, que ce soit en façade ou dans les logements.

Philippe Bonhôte justifie cela de deux manières. Il cite tout d'abord les contraintes liées à la sécurité incendie qui dissuadèrent rapidement d'afficher le bois à l'intérieur. L'immeuble ayant été conçu dès 2005, les normes alors en vigueur étaient plus strictes que les normes actuelles, et une structure en bois n'était encore alors que rarement utilisée pour des immeubles de logements de cette hauteur. L'architecte précise d'ailleurs que, au moment du concours, le modèle sur lequel ils se sont claqués pour les immeubles à Victor Ruffy est l'ensemble d'immeubles construits par EM2N à Hegianwandweg dont la réalisation ne s'était achevée que deux ans auparavant, soit en 2003.

Ensuite, les architectes considèrent que dans ce contexte urbain un langage architectural en bois ne convenait pas à l'ensemble. En l'occurrence, on peut considérer que pour les architectes l'essence de cette construction en bois réside davantage sur l'application du matériau en tant que structure et sur ses qualités écologiques et de

mise en œuvre que sur ses qualités esthétiques. C'est pour ces raisons que le revêtement appliqué aux façades est un crépi qui ne révèle en rien la composition de la structure qu'il recouvre. Les balcons en porte-à-faux sont également une décision voulue par les architectes, malgré la volonté initiale de l'ingénieur d'introduire des poteaux aux angles des étages. Néanmoins, la structure a su s'adapter au langage architectural voulu, ne laissant ainsi pas deviner sa présence depuis l'extérieur.

Si la structure reste résolument dissimulée, la présence du bois peut se révéler d'une autre manière. En effet, Philippe Bonhôte affirme que «quand on rentre dans ces appartements, il y a quelque chose d'indescriptible qui fait qu'on sent que c'est autre chose que dans un immeuble en maçonnerie traditionnelle. Il y a quand même quelque chose qui reste. Il y a un autre climat». On peut supposer que cette atmosphère particulière est portée par la capacité du bois à garder un climat agréable dans les logements, de par ses qualités de régulateur hygrométrique et de matériau naturellement isolant. Ainsi, même si elle n'est pas apparente, la structure en bois arrive tout de même à mettre ses qualités au service des logements et de ses habitants.

## 4.C.1 Le bois qui se cache en ville

architectes : pool Architekten, Zurich

lieu : Badenerstrasse 378 - 380, Zurich

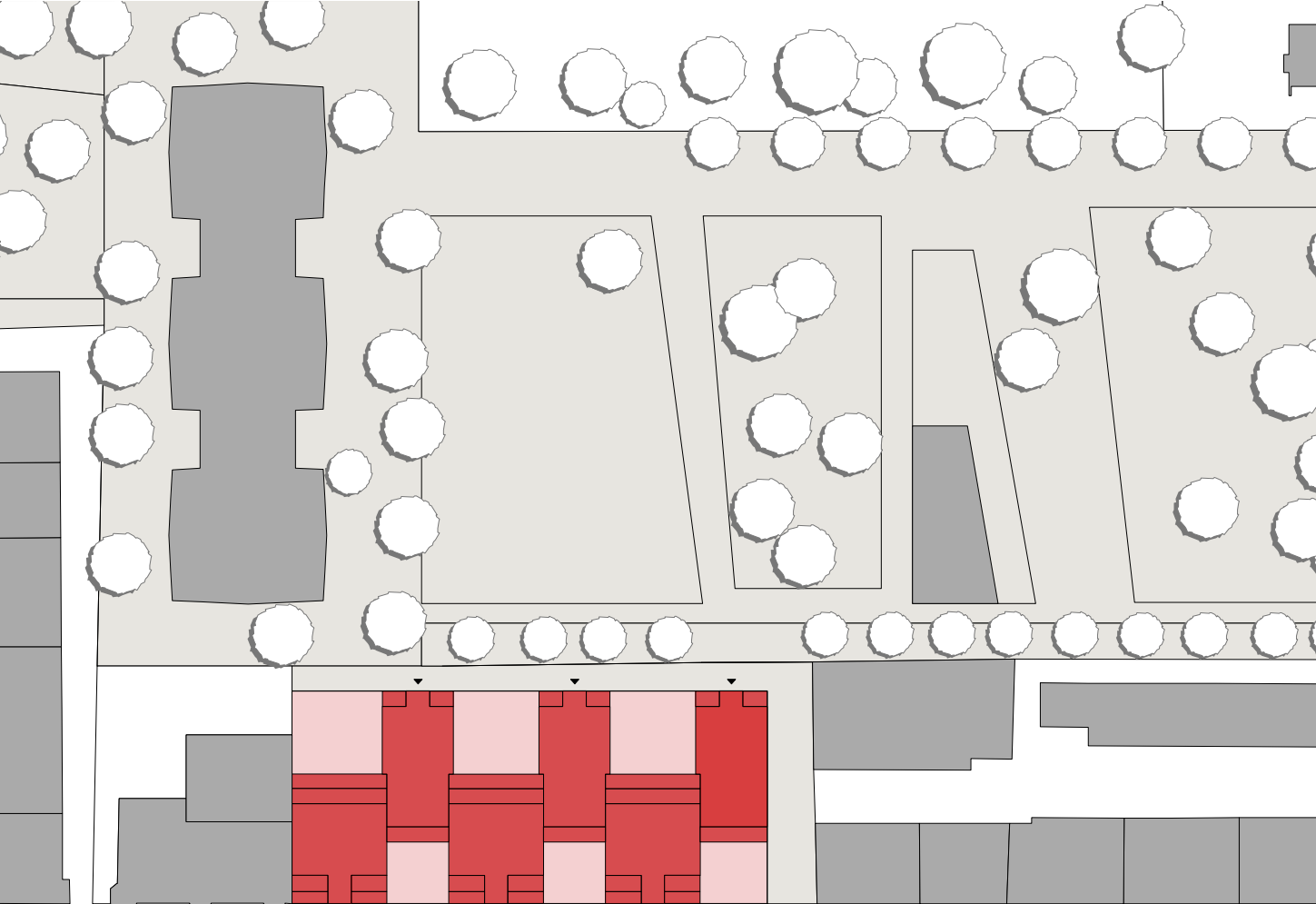
réalisation : 2008 - 2010

1 immeuble contenant 55 logements

structure bois : murs périphériques et de refend  
en madriers verticaux juxtaposés montés sur  
le site, dalles en caissons remplies de gravier

104

Remplaçant un bâtiment en briques d'un étage, l'immeuble de logements à la Badenerstrasse s'insère entre une rue passante et un parc nouvellement construit, suite à un concours gagné par le bureau pool à Zurich. La façade principale et la façade arrière sont traitées de manière opposée, d'après les différents contextes auxquels elles font face. Les architectes proposent sur une profondeur de 31 mètres des logements réalisés avec une structure en bois massif, revêtue à l'intérieur comme à l'extérieur du bâtiment. Les six étages de logements à redents sont posés sur un rez-de-chaussée en béton qui constitue un socle abritant une surface commerciale.



Badenerstrasse





## Q1 : Pourquoi le bois ?

Pour cet immeuble, la structure et sa composition n'étaient pas encore décidés au moment du concours. Selon l'architecte Mathias Heinz, ce n'est qu'au moment de discuter plus en détail la structure que le bois s'est imposé comme solution la plus avantageuse, selon plusieurs critères (entretien téléphonique du 20 décembre 2017).

Le critère décisif a été que l'agencement des plans répondait aux caractéristiques d'une structure en bois, soit des murs porteurs parallèles avec une distance de portée raisonnable pour le bois. Ainsi, selon Mathias Heinz, «on a fait un plan qui était déjà parfait pour le bois. À un certain moment, il y avait aussi la coïncidence.» Ainsi, en étudiant cette solution en profondeur, il s'est avéré qu'une structure en bois améliorerait nettement le bilan énergétique global des immeubles, ainsi que la vitesse de construction et la qualité de vie à l'intérieur des logements.

Plusieurs critères distinguent également une telle structure de son équivalent en béton, selon l'architecte. Avant tout, le bois n'est pas humide au moment de sa mise en œuvre, contrairement au béton qui mettra plusieurs années à sécher. Cette caractéristique a peut-être une influence positive sur le confort ressenti à l'intérieur des logements qui contiendraient moins d'humidité.

Ensuite, une structure en bois nécessite une planification plus développée et plus précise que son équivalent en maçonnerie. Même si Mathias Heinz concède que la durée du processus en entier ne diffère pas tant que cela, le montage d'une structure en bois subit moins d'imprévus de par la planification en amont de sa construction.

Enfin, l'utilisation de bois massif comme structure a été motivé par plusieurs de ses caractéristiques, dont les possibilités de recyclage des matériaux. L'architecte explique que «quand on va démonter, dans 80 ans, cette maison, (...) on pourrait réutiliser ce bois pour reconstruire quelque chose». Cette propriété réduit encore l'impact de la construction sur l'environnement, car elle pourrait être réutilisée sans autre transformation que son démontage.

Le bois massif possède des hautes valeurs d'isolant thermique, mais également de masse thermique. En effet, Mathias Heinz explique que le bois massif non seulement isole mais sert aussi de masse thermique, contrairement à une ossature par exemple.

Pour toutes ces raisons, on peut considérer que cet immeuble rassemble et exploite un nombre plus important de caractéristiques du bois que les autres exemples, sans toutefois les exploiter au maximum, les normes de protection contre le feu limitant les possibilités.

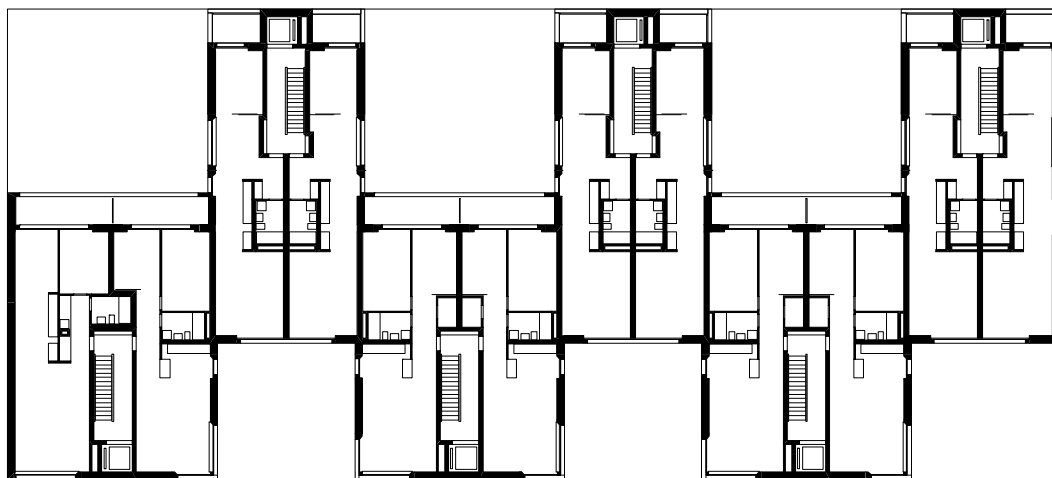
## Logements : description des plans

D'une profondeur totale de 31 mètres, l'immeuble à la Badenerstrasse rassemble 55 logements dans les six étages construits en bois. Ces étages sont posés sur un socle en béton qui abrite un commerce, ainsi que deux étages de sous-sol contenant les parkings et les locaux techniques.

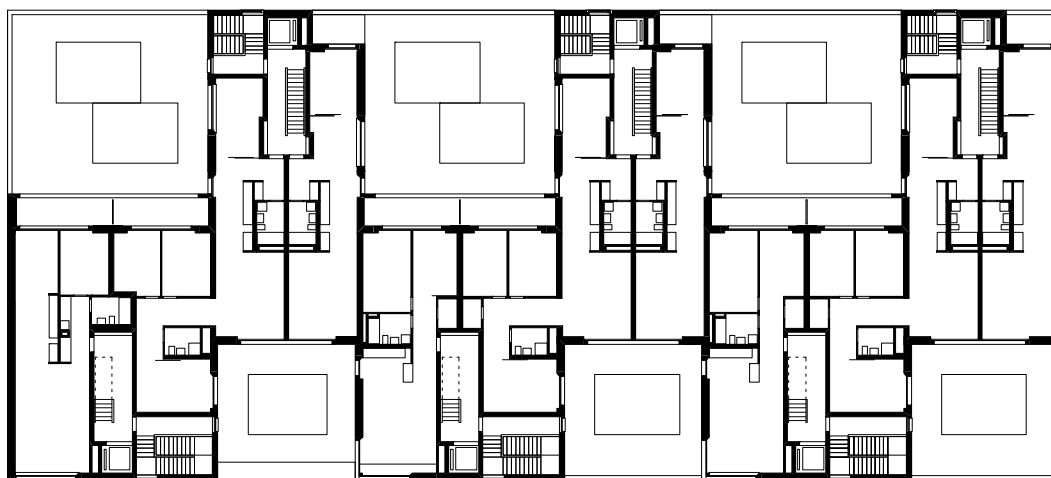
Les appartements se trouvent donc étalés dans la longueur, comme s'ils avaient été dessinés dans le but d'optimiser l'utilisation du bois. Néanmoins, leur disposition et leur adaptation à l'utilisation du bois ne relèvent que du fruit du hasard, comme le confirme Mathias Heinz.

108 Divisé en six corps de bâtiments décalés, on trouve douze appartements par étage, distribués par six cages d'escalier. Avec ces décalages en redents, chaque appartement peut bénéficier de trois orientations différentes (Roesler & pool, 2010, p. 107). Même si la structure en travée de l'immeuble rappelle celle des Freilager (voir p. 64), la difficulté de faire pénétrer la lumière naturelle jusqu'au centre du plan observée alors se règle ici grâce à la présence de ces redents dans le plan, qui permettent d'intégrer des ouvertures latérales à chaque appartement.

La configuration des appartements est dirigée dans une direction très claire, qui va d'une façade à l'autre. Les espaces de jour se retrouvent du côté de la Badenerstrasse et bénéficient de larges baies vitrées. Les sanitaires et les cuisines sont regroupés vers le centre du plan, alors que les espaces de nuit donnent principalement sur le parc à l'arrière de la construction. L'espace de circulation reste continu entre l'avant et l'arrière des appartements, mettant ainsi l'accent sur leur longueur.

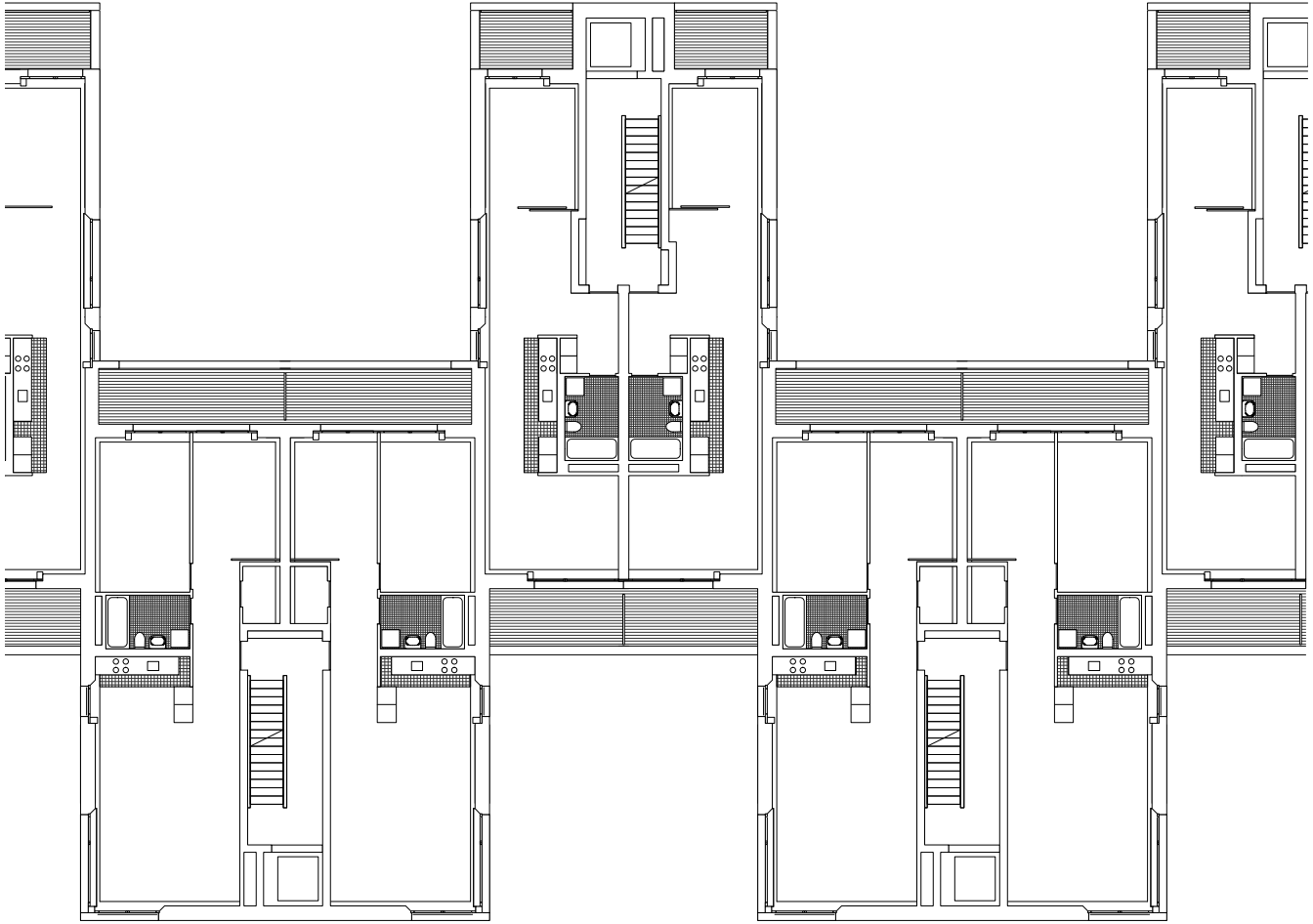


Etage Type



Etage 1









0 2 5 10

## Vertrag

Die Parteien sind  
Die Eigentümerin und Bewohner dieses  
Gebäudes und der Stadt von Basel

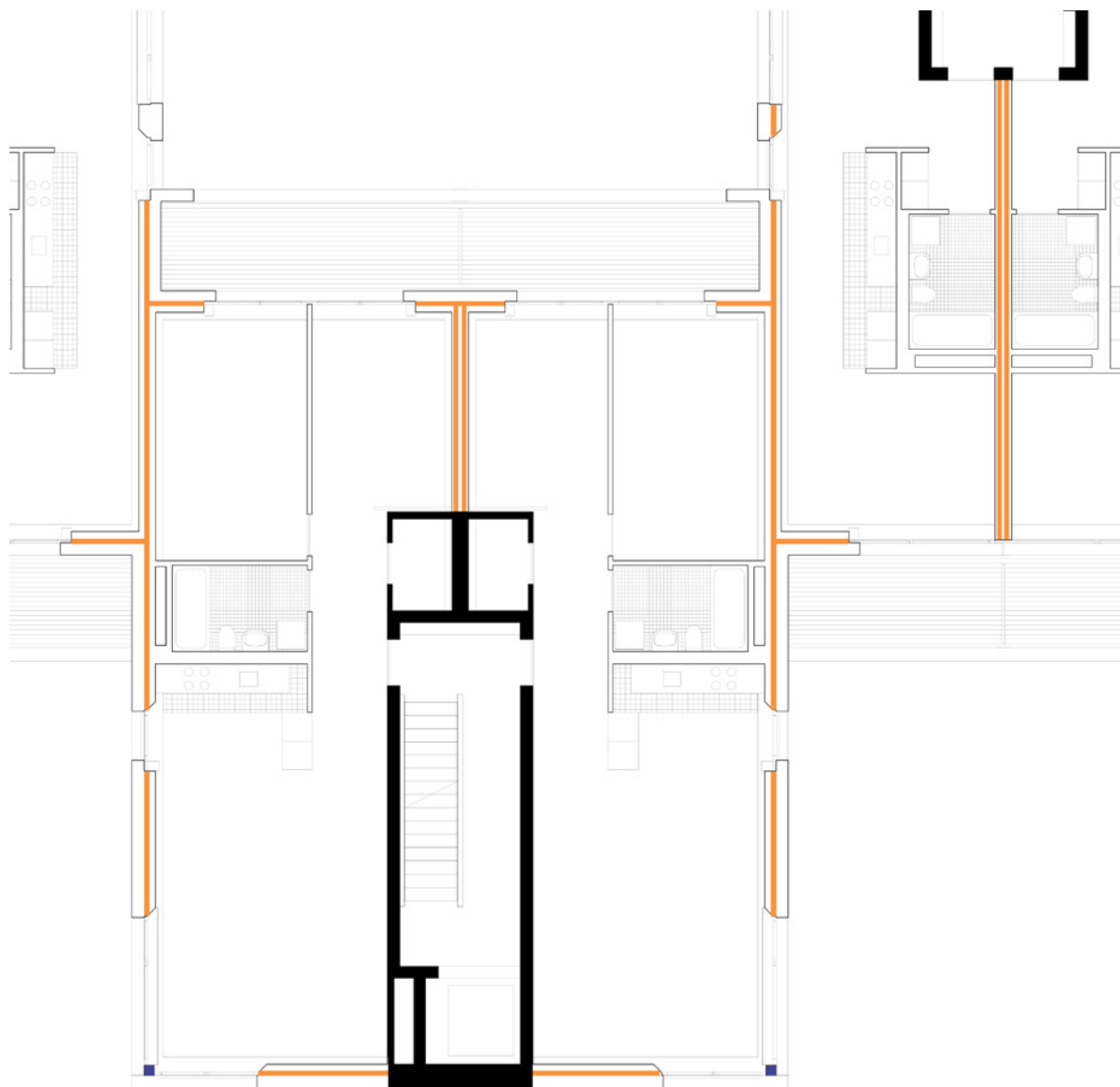
Die Bewohnerinnen und Bewohner  
dieses Gebäudes verpflichten sich,  
ihren gesamten, stetigen  
Energieverbrauch auf maximal  
2000 Watt pro Person zu reduzieren.  
Bei Vertragsbruch hat der Rest der  
Welt Anspruch auf sozialen Ausgleich  
oder Schadenersatz.

Gerichtssitz ist Zürich.  
Schweizer Recht ist anwendbar.

Der Standort der Stadt

380c

GROS



- poteaux en bois lamellé-collé
- murs en bois massif
- cloisons non-porteuses
- noyaux en béton

0 1 2 5



## Structure

Un système de construction en bois massif a été créé spécialement pour le bâtiment de la Badenerstrasse après que la décision ait été prise de construire une structure en bois. Afin de concevoir une structure répondant aux exigences du concept de société à 2000 watts, l'ingénieur bois Hermann Blumer imagine un système constructif mettant en œuvre des planches en bois massif de la hauteur d'un étage, composant les murs périphériques et mitoyens des logements.

Les planches juxtaposées sont placées une par une par un charpentier et ancrées dans la lisse haute et la lisse basse au moyen de tourillons en bois. Ce système permet de s'affranchir de l'utilisation de la colle dans les murs, facilitant ainsi le recyclage des matériaux une fois le cycle de vie du bâtiment terminé. Mathias Heinz précise que le montage par un charpentier sur le site a été rendu possible par le maître d'ouvrage de l'immeuble, qui est une coopérative rassemblant des entrepreneurs. On peut supposer que malgré les idées innovantes des architectes et des ingénieurs, la plupart ne sont pas adoptées par les coopératives de logements qui cherchent avant tout à créer du rendement.

La disposition des murs porteurs et mitoyens forme des travées entre cinq et six mètres de large, qui sont franchies par des dalles en caissons de bois préfabriquées. Ces dernières sont remplies de gravillon, garantissant ainsi le respect des normes acoustiques. Dans les angles des baies vitrées sont disposés des poteaux en bois lamellé-collé, afin de reprendre efficacement les charges verticales appliquées aux linteaux des fenêtres.

On peut ici se poser la question de savoir pourquoi le système développé par l'ingénieur, nommé «TopWall», n'a pas été appliqué aux planchers comme il l'a été dans les parois, afin d'exploiter au maximum la possibilité de recyclage mise en valeur par les architectes.

Tous ces éléments en bois sont contreventés par les noyaux en béton rassemblant les circulations verticales. Comme le confirme Mathias Heinz, les immeubles en bois de six étages doivent intégrer des voies d'évacuation incombustibles, ainsi que des parois d'appartement revêtues. C'est principalement pour cette raison que le bois n'est pas dévoilé à l'intérieur des logements, au contraire de ceux dans la Haus J, exemple développé à la



## Q2 : Le bois se révèle adapté aux plans

Si les fines travées et la disposition rationnelle des appartements dans l'immeuble de la Badenerstrasse semblent réalisées dans le but d'optimiser la structure en bois, la constatation a été faite que les matériaux du système porteur n'étaient pas déterminés au moment de dessiner la configuration des logements. Le fait qu'ils rassemblent les caractéristiques favorisant l'emploi d'une structure en bois relève apparemment du pur hasard, selon Mathias Heinz.

Cette constatation nous fait remarquer que, même si plusieurs exemples étudiés nous montrent qu'une structure en bois peut s'adapter à plusieurs configurations de logements, les caractéristiques idéales à l'emploi du bois existent bel et bien et comptent parmi elles la disposition de murs ou de poteaux porteurs parallèles, avec un entraxe de l'ordre de cinq à six mètres. Cela permet aux planchers de porter dans une seule direction, entre des murs porteurs ou entre des poutres soutenues par des poteaux. C'est avec cette configuration que les éléments en bois sont les plus simples, ont le moins besoin de renforts métalliques comme des poutres et que les ressources en bois sont optimisées.

Dans cet exemple, le plan ne subit pas de contraintes de la structure en bois. Cette dernière s'adapte aux plans déjà établis et n'est pas laissée apparente. La composition de la structure porteuse ne se devine donc ici pas visiblement dans les logements, ce qui peut d'une part s'avérer dommage par rapport à la grande quantité de bois mise en œuvre, et d'autre part représenter un paradoxe dans l'utilisation rationnelle des ressources. En effet, l'usage du bois se justifiant ici entre autres par les possibilités de recyclage qui s'offriront au bâtiment à la fin de son cycle de vie, l'emploi de couches supplémentaires recouvrant le matériau ne semble pas bénéficier de la même logique, et peut même affaiblir la force de cette idée.

### Q3 : Le bois en quantité, mais pas visible

Si la structure porteuse en bois revêt une grande importance pour le bilan énergétique exemplaire du bâtiment et ce tout au long de son cycle de vie (Heinz, 2011, p. 7), elle ne reste visible ni en façade ni dans les logements. Mathias Heinz justifie cette dissimulation de plusieurs manières. À l'intérieur, les normes de protection incendie exigent la pose d'un revêtement incombustible. Malgré cela, on y ressent une qualité de vie supérieure à celle d'un bâtiment en maçonnerie par exemple, comme cela a déjà été abordé pour les immeubles de l'avenue Victor Ruffy à Lausanne (voir page 103).

118

Quant au revêtement extérieur, les architectes ont opté pour des plaques de ciment avec des fibres de verre, ne symbolisant pas le bois structurel. Cette décision s'est prise en regard de plusieurs critères. Selon l'architecte, le bois massif nécessite d'abord d'être revêtu d'une isolation extérieure, pouvant être recouverte d'une multitude de revêtements. Ensuite, un revêtement en bois serait «étrange dans le contexte», soit dans un milieu très urbain.

Si la plupart des maisons urbaines de la ville de Zurich contiennent une structure porteuse en bois, ce dernier est toujours revêtu avec un matériau minéral, laissant le registre du

bois et son imaginaire aux habitations rurales. L'immeuble reprend donc ici les codes des maisons urbaines typiques de la ville, soit un revêtement minéral et un socle plus solide en pierre, mais sans montrer la composition de sa structure. Cette logique du contexte qui n'est pas adapté à un revêtement en bois semble récurrente, car elle revient pour la plupart des immeubles urbains abordés dans ce travail.

Le critère de l'entretien est également déterminant ici. Ainsi, l'entretien d'une façade en bois se révèle plus compliqué que celui d'une façade minérale. Il appartient également aux investisseurs de décider du revêtement à donner aux façades, suivant l'entretien qu'ils souhaitent leur accorder.

Ainsi, on remarque que les décisions du maître d'ouvrage et les normes de protection incendie imposent aux concepteurs de faire des concessions par rapport à l'expression de la structure en bois. Néanmoins, si cette dernière fait bénéficier les immeubles urbains de tout son potentiel, ce n'est pas le fait de la rendre visible qui prévaut sur celui de la mettre en œuvre.



## 4.B-C.2 Le bois qui dirige les logements

architectes : pool Architekten, Zurich

lieu : Genossenschaftsstrasse 11, Zurich

réalisation : 2012 - 2014

1 immeuble contenant 24 logements

structure bois : structure en poteaux-poutres  
avec murs porteurs périphériques en planches  
massives, dalles en béton sur solivage massif

120

Le nouveau quartier Hunziker-Areal est situé au nord de la ville de Zurich, à côté de l'école de Leutschenbach conçue par Christian Kerez en 2009. Il est l'aboutissement d'un plan d'aménagement dessiné par les bureaux Duplex Architekten et Futurafrosch, de Zurich. Plutôt que de concevoir le quartier comme un grand ensemble homogène, cinq bureaux d'architectes se sont vu attribuer la conception de deux ou trois immeubles rassemblant pas moins de 450 logements en tout, pour le compte de trente-cinq coopératives zurichoises réunies pour l'occasion (Boudet, 2015, p. 69). Les architectes du bureau zurichois pool Architekten ont conçu trois de ces immeubles, dont la Haus J, construite à l'aide d'une structure porteuse en bois.





## Q1 : Pourquoi le bois ?

La décision d'utiliser du bois pour la Haus J s'est prise dès le début de sa conception, selon l'architecte Mathias Heinz (entretien téléphonique du 20 décembre 2017). Il justifie ce choix par des raisons écologiques liées au développement durable, de rapidité de la construction ainsi que pour la qualité de vie qu'offre ce matériau à l'intérieur. On peut également supposer que, grâce au caractère expérimental voulu pour le quartier, la conception de cet immeuble donne la possibilité de mettre en œuvre des logements et des modes de constructions qui ne sont pas usuels (Boudet, 2015, p. 68). Cette volonté d'expérimentation peut être confirmée par les logements présents dans les deux autres bâtiments construits par pool avec du béton isolant. Ce dernier est également mis en valeur dans les logements, à l'instar du bois dans la Haus J, ce qui est plutôt insolite.

De par le fait que la Haus J ne comporte que quatre étages en bois, Mathias Heinz explique que la possibilité leur était offerte de laisser le bois structurel apparent dans les étages de logements. La décision a visiblement été prise de faire profiter les habitants des effets positifs du bois sur le confort intérieur des logements grâce aux qualités visuelles, tactiles et de régulateur hygrométrique du bois.

La similitude de cette structure en bois avec celle présente dans l'immeuble également conçu par pool à la Badenerstrasse, présentée en page 104 de cette étude, est relevée par Mathias Heinz. Si le principe du système porteur est repris tout comme les raisons de sa présence, le concept général est néanmoins adapté à la préfabrication requise ici par le maître d'ouvrage et inclus une plus grande mise en valeur du bois structurel dans les logements même.

## Logements : description des plans

Après l'adoption du plan masse du quartier, les architectes étaient libres de concevoir les immeubles de logements. Le quartier se veut néanmoins une expérimentation de l'habitat communautaire, regroupant des logements de taille variée afin d'introduire une diversité sociale des habitants. La tendance du quartier est donc de proposer un «microcosme urbain» plutôt qu'un grand ensemble (Boudet, 2015, p. 70).

Les ruelles du quartier sont étroites et débouchent sur de larges places. Il a été décidé que les entrées des immeubles déboucheraient sur les rues et non pas sur les places. L'importante profondeur des plots était destinée à offrir aux architectes plus de liberté dans l'aménagement des logements, et cela afin de favoriser la diversité des logements proposés (Boudet, 2015, p. 69-70). Pour la Haus J, les architectes de pool ont décidé de creuser le bloc à partir du premier étage avec une cour ouverte sur la rue, pour ainsi lui donner une forme en U. Cela permet de proposer systématiquement plusieurs orientations aux espaces de jour des logements situés dans les étages. Le socle se compose quant à lui de commerces, des espaces communs et de deux studios. Il se différencie des étages supérieurs de par ses matériaux et son aspect, à l'instar de l'immeuble de la Badenerstrasse.

Les logements de la Haus J, au nombre de cinq ou six par étage et desservis par deux cages d'escaliers, sont conçus dès le départ avec une structure en bois, comme le confirme Mathias Heinz. Il ajoute que «pour être efficace et aussi économique, la distance d'un plafond ne doit pas dépasser les cinq mètres et demi, six mètres.» Ainsi, la portée des planchers, dont dépend la taille des différentes pièces, a été dimensionnée dès le départ dans le but de proposer une configuration optimale de la structure en bois.

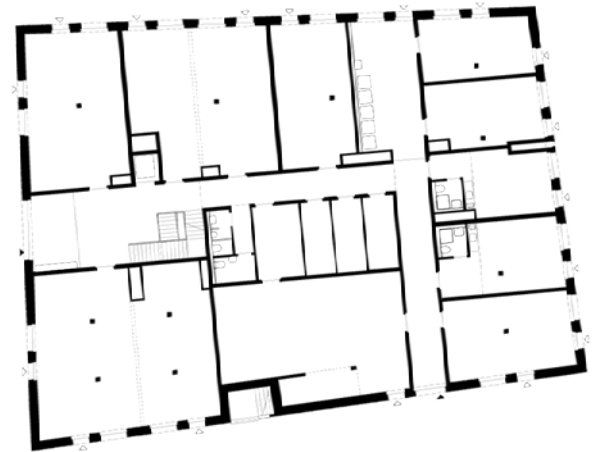
Les poutres structurelles restées apparentes dans les logements illustrent la volonté des architectes de concevoir des logements en donnant une direction à la structure, qui fonctionne également comme seuil entre les différents espaces. Ainsi, les poutres séparent visiblement les espaces de jour, de nuit et de circulation de chaque logement, et la dimension des travées peut varier suivant les espaces qu'elles regroupent. Les sanitaires sont quant à eux rassemblés au centre du plan, accolés aux noyaux verticaux, laissant les façades disponibles pour accueillir les espaces de nuit et de jour.



Etages 3 et 4



Etages 1 et 2



Rez-de-chaussée



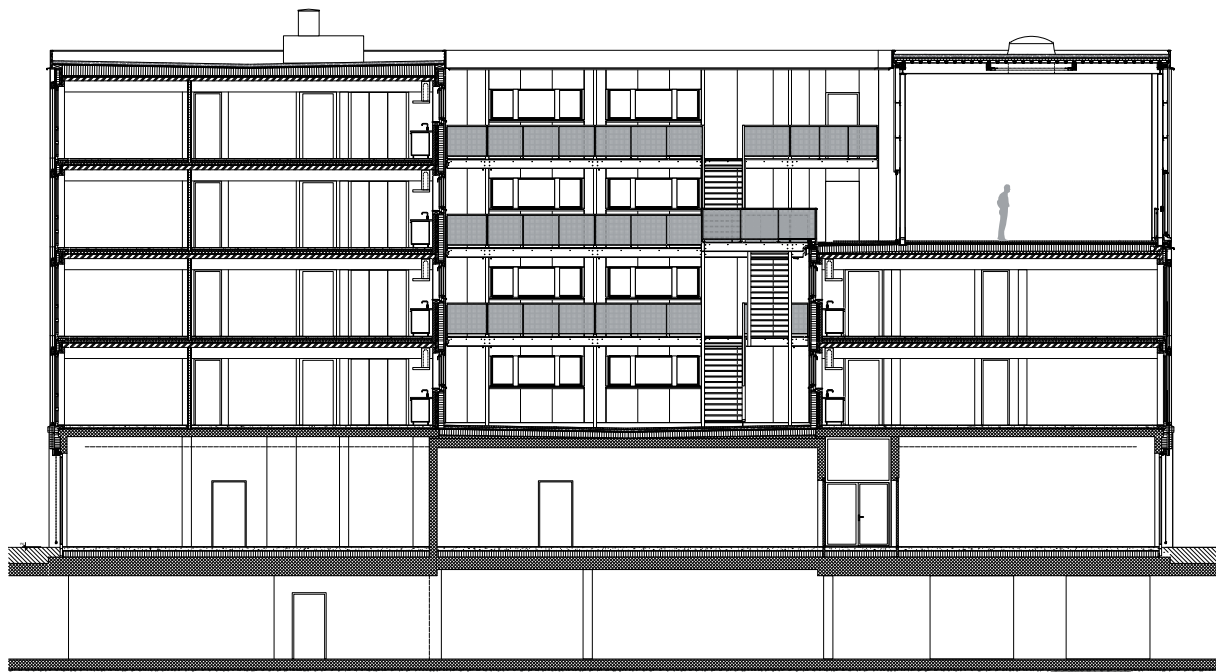


Etages 1 et 2



0 2 5 10

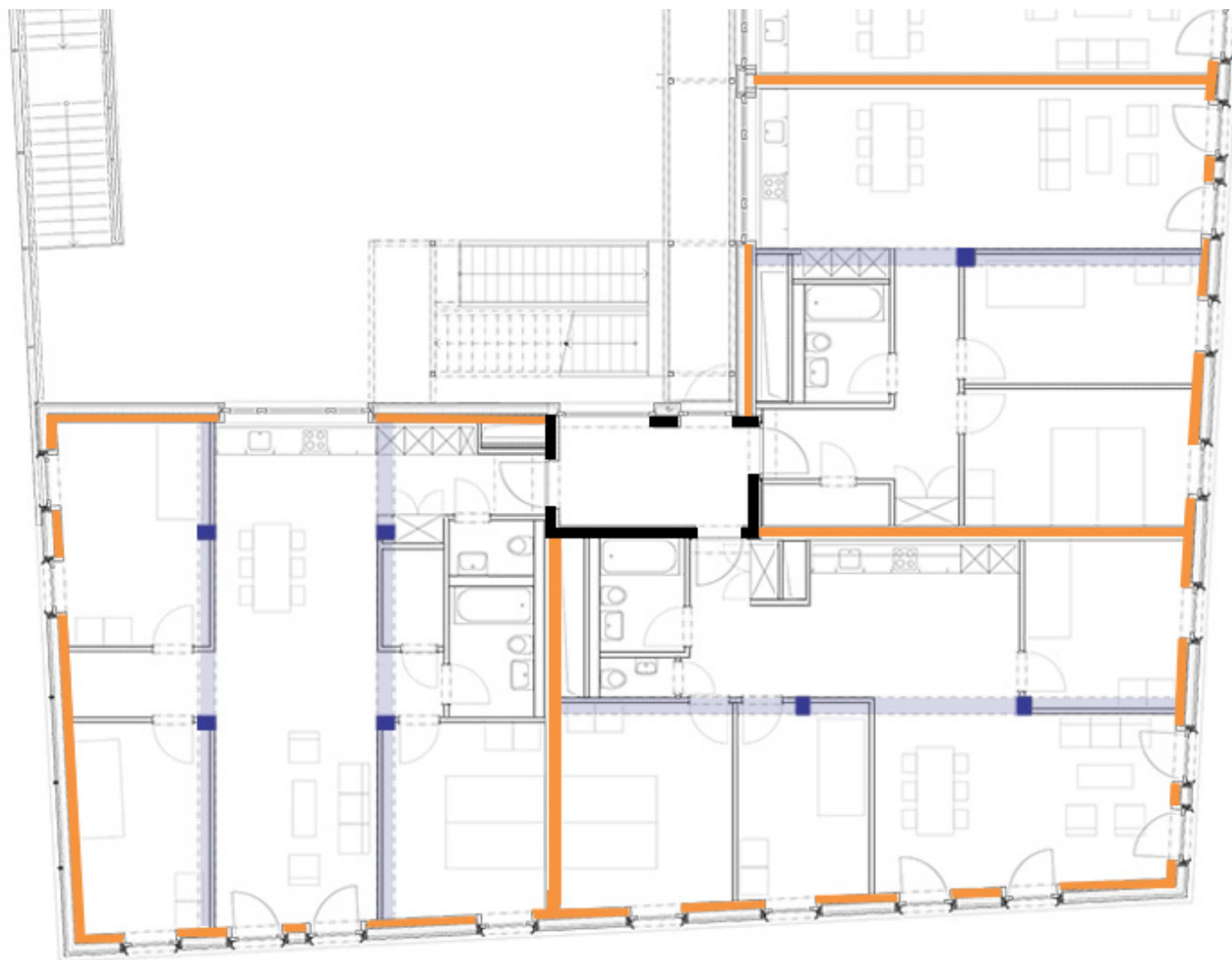




Coupe

0 2 5 10





0 1 2 5

- poutres en bois
- poteaux en bois
- murs en bois massif
- cloisons non-porteuses
- noyau en béton

## Structure

Les quatre étages de logements de la Haus J sont érigés sur un rez-de-chaussée commercial et un sous-sol, tous deux construits en béton. À partir de ce socle s'élèvent deux circulations verticales également en béton, dont une contient un ascenseur. Le reste de la structure porteuse est constitué de bois.

Les logements s'organisent suivant la trame déterminée pour les poutres et les poteaux en bois, qui restent apparent dans les logements. Suivant leur position, les poutres portent entre les murs périphériques et les murs mitoyens entre les logements. Ces deux types de murs sont préfabriqués avec des planches de bois massif d'environ huit centimètres d'épaisseur, qui restent apparentes à l'intérieur, et sont recouvertes d'une isolation périphérique.

Comme le confirme Mathias Heinz, les parois intérieures des logements ne sont pas porteuses. On peut supposer que c'est pour souligner qu'elles n'appartiennent pas au système porteur qu'elles sont revêtues de plâtre peint en blanc, afin de bien distinguer ces cloisons des murs massifs en bois qui entourent les appartements.

Le sens de la portée des dalles diffère suivant leur emplacement dans le plan. Néanmoins, les poutres de chaque appartement sont toutes tournées dans la même direction, car elles servent à séparer les espaces.

La volonté d'utiliser des éléments préfabriqués émane des maîtres d'ouvrage, selon Mathias Heinz. Pour cet immeuble, les planches en bois massif sont assemblées en usine et non pas par un charpentier sur le site, comme cela a été le cas pour l'immeuble de la Badenerstrasse, comme expliqué en page 115.

Les planchers ne sont pas contre pas préfabriqués. Ils sont composés de planches de bois massif de quatorze centimètres qui sont juxtaposées sur le site, par-dessus lesquelles est coulée une couche de huit centimètres de béton. Cette dernière assure le respect des exigences en matière d'isolation acoustique.

## Q2 : Des plans dirigés par le bois

La Haus J a été conçue dès le départ comme un immeuble en bois, en reprenant le système de murs en planches de bois massif imaginé pour les immeubles à la Badenerstrasse, étudiés plus haut. Les plans de la Haus J reflètent cette prise en compte anticipée du matériau, de par la configuration des espaces et leurs dimensions qui s'adaptent aux dimensions idéales à l'emploi d'une structure en bois.

132 Comme l'explique Mathias Heinz, la conception de logements en bois ou en béton diffère ; alors que le béton porte dans toutes les directions, les poutres en bois doivent être orientées. La conception des logements se fait donc selon «un principe des poutres» qui portent dans un sens. Ces poutres ont été utilisées ici dans la configuration des logements pour séparer les espaces de nuit, de jour et de circulation. Les dimensions optimales de la portée des planchers en bois ont donc sûrement été recoupées avec les dimensions idéales des différentes parties du logement, tout comme cela a été fait pour déterminer la largeur des travées dans les Freilager de Rolf Mühlethaler (voir page 68).

Néanmoins, au contraire de ces derniers, les espaces proposés ici sont plus larges pour une profondeur moins importante, permettant ainsi un apport optimal en lumière naturelle, renforcé par les orientations multiples des espaces de jour.

La structure se ressent donc pleinement dans les logements, également par le fait qu'elle y reste apparente. Cette mise à nu de la structure pourrait être motivée par la volonté des concepteurs de montrer explicitement sa composition et son fonctionnement, les immeubles du quartier Hunziker-Areal étant construits dans le cadre d'une expérimentation sur les logements.





### Q3 : Le bois magnifié dans les logements

Dans la Haus J, non seulement le bois en structure a une influence sur l'agencement des espaces, mais il donne également leur esthétique aux logements. Les espaces intérieurs sont dirigés par le bois et son apparence, utilisant au maximum les atouts du bois, qu'ils soient relatifs à son toucher, à son influence bénéfique au confort intérieur ou encore à son esthétique. La structure présente est intégralement dévoilée dans les plafonds, lui donnant une direction et un relief absents dans les exemples abordés précédemment. Quant au sol, il est constitué d'un revêtement lisse sans trame, tout comme les parois non-porteuses recouvertes de plâtre. Cette particularité permet de distinguer les éléments porteurs faits en bois des autres éléments dont le relief est plus abstrait que celui du bois.

Les logements bénéficient donc ici pleinement des qualités multiples de l'emploi du bois qui est utilisé à la fois comme structure et comme finition intérieure, ce qui permet de le mettre en valeur visiblement.

Au contraire de l'apparence des espaces intérieurs qui sont dirigés par le bois, les façades de la Haus J revêtent une apparence urbaine, dont le langage et les matériaux sont similaires à ceux des bâtiments voisins. Mathias Heinz donne plusieurs explications au revêtement minéral de l'immeuble. Non seulement il convient au maître d'ouvrage en raison de la simplicité de son entretien, au contraire d'une façade en bois qu'il faut entretenir et qui se dégrade plus rapidement et plus visiblement, mais il s'adapte également aux façades déjà présentes en milieu urbain. Selon l'architecte, si les anciennes maisons de Zurich sont construites en bois, ce matériau n'est jamais montré en façade. C'est pour reprendre ce langage que la structure de la Haus J n'est pas signifiée à l'extérieur, à l'instar de l'immeuble de la Badenerstrasse et vu précédemment.

L'autre élément repris au langage urbain zurichois est la présence du socle commercial qui se distingue des étages de logements par sa hauteur, son emprise au sol et sa matérialité. Ainsi, si les logements se veulent le reflet d'une expérimentation sur le logement et sa structure, les façades ont comme objectif de reprendre le langage déjà établi des immeubles du centre de Zurich, ce qui rend la structure et sa composition invisibles depuis l'extérieur.



## 4.4 Lecture croisée

Hegianwandweg  
EM2N  
Zurich, 2003



Freilager  
Rolf Mühlethaler  
Zurich, 2016



## Analyse comparative des cas

|                                                                                      |                                                          |                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Quels sont les critères principaux amenant à l'utilisation d'une structure en bois?  | critères environnementaux et de flexibilité              | adaptation aux plans rationnels, efficacité du montage     |
| À quel moment du processus de projet la structure en bois est-elle décidée ?         | après le dessin des plans, et après la phase de concours | après le dessin des plans, mais avant le rendu du concours |
| La structure en bois est-elle associée à d'autres matériaux ?                        | béton pour les noyaux, poutres métalliques               | béton pour les noyaux verticaux                            |
| La structure s'adapte-t-elle aux plans, ou les plans s'adaptent-ils à la structure ? | la structure s'adapte aux plans                          | la structure s'adapte (par hasard ?) aux plans             |
| La structure est-elle symbolisée ou visible à l'intérieur des logements ?            | non                                                      | oui : logements par trames parallèles                      |
| La structure en bois est-elle symbolisée dans les façades du bâtiment ?              | non                                                      | oui, avec un bardage en bois et un langage tiré du bois    |
| Est-ce une construction manifeste de l'utilisation du bois ou pas ?                  | construction discrète                                    | construction manifeste                                     |

Swisswoodhouse  
Bauart  
Nebikon, 2014



Victor Ruffy  
Bonhôte-Zapata  
Lausanne, 2010



Badenerstrasse  
pool  
Zurich, 2010



Haus J  
pool  
Zurich, 2014



critères environne-  
mentaux et d'effica-  
cité du montage

critères environne-  
mentaux

critères environne-  
mentaux et adapta-  
tion aux plans

critères de rapidité,  
environnementaux et  
de confort int.

dès la conception  
du concept de  
swisswoodhouse

dès le concours, une  
contrainte du MO

après la phase de  
concours

dès le début de la  
conception

béton, poteaux et  
poutres métalliques  
intérieurs

béton pour les  
noyaux verticaux,  
poutres métalliques

béton pour les  
noyaux verticaux et  
le rez-de-chaussée

béton pour les  
noyaux verticaux et  
le rez-de-chaussée

La structure s'adapte  
aux plans

La structure s'adapte  
aux plans

La structure s'adapte  
(par hasard) aux  
plans

Les deux se  
développent  
conjointement

non

non

oui : logements par  
trames parallèles

oui : bois structurel  
apparent à l'intérieur

oui, avec un bardage  
en bois

non, à cause du  
contexte urbain

non, à cause du  
contexte urbain

non, à cause du  
contexte urbain

construction  
manifeste

construction discrète

construction  
manifeste

construction discrète

Plusieurs constats peuvent se dégager de l'analyse de ces cas. Alors que certaines de mes hypothèses se sont confirmées dans les six exemples analysés, cette étude a apporté de nouvelles réponses qui n'étaient pas prévisibles au début de ce travail. Ce corpus comporte des bâtiments abordant différemment la question de la structure en bois, de ses raisons et de ses objectifs. Ce chapitre apportera des réponses aux questions posées au début de ce travail, en les dégageant de l'analyse des exemples des pages précédentes.

## Q1 : Pourquoi le bois ?

Cette interrogation basique se développait en plusieurs questions au début de ce travail. En effet, les critères principaux conduisant au choix d'une structure en bois amènent à se demander à quel moment du processus ce matériau a été choisi, et quelles raisons ont poussé les concepteurs à choisir un type de structure en bois plutôt qu'un autre. Les exemples analysés ici abordent de plusieurs manières ces questions pour obtenir des solutions qui se ressemblent mais dont les raisons diffèrent.

Les exemples étudiés ici se répartissent équitablement, en regard du moment où la structure en bois a été décidée pour effectuer ces constructions. En effet, trois exemples ont été dessinés dès le départ avec une structure en bois, et trois autres ont adopté cette solution en cours de processus, après le dessin des plans. Dans ces trois derniers cas se trouve celui de la Haus J, dont les architectes du bureau pool ont décidé dès le départ d'opter pour le même système constructif mis en place en 2010 à la Badenerstrasse. Pour le cas de la Haus J ainsi que pour les deux autres, qui sont les immeubles Swisswoodhouse de Bauart et ceux à Victor Ruffy de Bonhôte-Zapata, le critère environnemental prime dans cette décision anticipée d'utiliser le bois.

Pour les trois exemples où le bois est décidé tardivement, il l'a été de par l'adaptation aux plans d'une telle structure, et par la flexibilité qu'elle permet de donner aux plans dans le cas des immeubles à Hegianwandweg. L'impact positif du bois sur le bilan environnemental du bâtiment semble en tout cas revenir dans chaque cas, sauf dans les Freilager de Rolf Mühlethaler, où il devient plutôt une conséquence de la construction en bois qu'une de ses raisons.

Cela semble également le cas pour les critères de rapidité du montage, de la précision de la planification et du confort de vivre dans le bois qui, quoiqu'ils représentent des atouts pour les bâtiments, viennent le plus souvent s'ajouter aux critères principaux.

L'adaptation d'une structure en bois à certains plans, observée à la Badenerstrasse et aux Freilager, permet d'émettre l'hypothèse que tous les plans de logements ne permettent a priori pas une réalisation avec une structure en bois. Cela signifie que cette dernière s'adapte mieux aux plans abordant certaines spécificités quant à leur configuration, ce qui sera abordé en répondant à la question Q2.

Le choix du système constructif en bois se fait en regard de l'optimisation des ressources et de la préfabrication, dans quatre cas sur six

étudiés ici. Si le système en ossature est le plus souvent mis en œuvre, suivi du système en poteaux et poutres, c'est probablement du fait de leur facilité de préfabrication ainsi que de l'optimisation des ressources en bois utilisées. On constate ainsi que seules des raisons constructives semblent motiver le choix de la structure, au contraire des deux derniers cas étudiés.

En effet, ces bâtiments de pool à la Badenerstrasse et dans la Hunziker-Areal (Haus J) utilisent le même système constructif en planches de bois massif, assemblées sur le site par un charpentier pour le premier et préfabriquées pour le second. Ce sont les deux seuls bâtiments de ce corpus à aborder la question du recyclage qui justifie l'emploi de planches de large section assemblées sans colle pour les murs, ainsi que celle de la masse thermique du bois qui est alors comparée à celle du béton. Ces exemples montrent qu'au-delà d'une construction écologique, le bois d'un bâtiment qui se démolit peut se réutiliser pour une nouvelle construction, et avoir ainsi un cycle de vie plus long que celui d'un immeuble seul. Cette caractéristique exploite au mieux les possibilités de réutilisation qu'offre le bois, au contraire de matériaux issus de l'industrie comme le métal et le béton qui se recyclent à grand renfort d'énergie.

## Q2 : Quelle est l'incidence spatiale d'une structure en bois sur le logement ?

L'hypothèse avait été émise que le choix d'un système porteur en bois engendrait des répercussions sur la configuration des logements, en raisons des caractéristiques de sa composition. Ainsi, la question peut également se poser de savoir si l'emploi d'une structure en bois réduit ou non les possibilités de configurations intérieures des logements.

142

Plusieurs constatations peuvent être faites à partir des exemples analysés. Tout d'abord, une structure en bois n'influence pas fondamentalement la configuration des logements mais s'adapte plutôt à la spatialité déjà établie, comme c'est ici le cas pour cinq exemples. Seule la distance entre les travées peut être déterminée suivant le bois et sa portée idéale, mais sans remettre en question la disposition de ces travées. Au contraire, pour la Haus J, le plan des appartements est déterminé à partir de la propriété principale d'une structure en bois qui est de porter dans une seule direction. La structure est alors utilisée pour séparer visiblement les espaces, au contraire des autres exemples qui la dissimulent entièrement. On peut conclure alors que, d'une manière générale, c'est plutôt la structure en bois qui s'adapte aux plans que l'inverse.

Ensuite, si on observe la configuration des plans qui se sont révélés «par hasard» propices à être construits en bois, il s'agit toujours

ici de logements organisés par travées, soit les Freilager de Rolf Mühlethaler et à la Badenerstrasse de pool. Cela révèle que les plans organisés par travées parallèles tendent à mieux convenir à l'utilisation du bois, contrairement à d'autres organisations qui pourraient être construites en maçonnerie ou en béton. En parlant de hasard, on peut ici relever que ces deux bâtiments basent toute leur communication sur l'utilisation du bois et son importance en milieu urbain, alors que ces constructions étaient destinées à être construites en maçonnerie.

Cette hypothèse se trouve confirmée par l'organisation des logements dans les cas étudiés dans ce travail. On y retrouve quatre organisations par travées parallèles ainsi que deux organisations en plot avec un noyau central. Ces deux derniers cas, soit Hegianwandweg de EM2N et Victor Ruffy de Bonhôte-Zapata, peuvent presque être comptés comme un seul et unique exemple vu que le second se calque explicitement sur l'exemple historique du premier.

À partir de ces constatations, on peut conclure que les plans des immeubles construits en bois étudiés ici adoptent une configuration soit en travées parallèles, soit en plot avec un noyau central, ce que confirment les plans comparés aux pages 144 et 145. Une diversité spatiale peut alors être introduite dans ces dispositions, mais sans en changer fondamentalement la base.

### Q3 : Quelle est l'incidence de l'usage d'une structure en bois sur le langage architectural?

Après avoir déterminé les raisons de la présence d'une structure en bois dans ces bâtiments, l'impact de cette structure observé sur le langage architectural peut différer de cas en cas. Si les normes de protection contre les incendies limitent le bois structurel apparent en façade et dans les logements, il peut être symbolisé de plusieurs manières. De plus, un bardage extérieur en bois reste une manière de dévoiler la présence du bois dans la construction. Enfin, on peut supposer que le bois qui reste apparent dans les logements a un impact sur la spatialité de ces derniers.

La constatation peut d'abord être faite que de tous les exemples étudiés, seule la Haus J de pool contient une structure apparente à l'intérieur des logements. Cette décision a directement un impact sur la spatialité des logements, qui abordent les caractéristiques propres au matériau bois, soit une apparence, un toucher et une odeur qui lui sont propres, et inhabituels dans des logements locatifs.

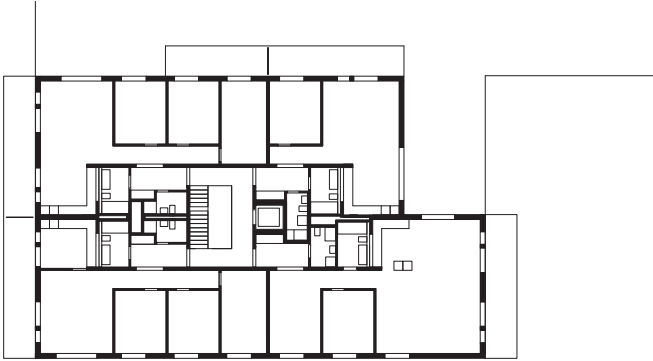
Une caractéristique des structures en bois qui peut être observée dans les logements est la composition par travées des appartements, dont on se rend compte dans l'immeuble A7 des Freilager de Rolf Mühlethaler et à la Badenerstrasse, de pool. Néanmoins, même si la disposition de ces travées justifient l'utilisation du bois, elles ne l'obligent pas, ce qui veut dire que ces travées pourraient aussi

bien être construites en maçonnerie ou en béton. La présence du bois n'est donc révélée qu'à l'intérieur de la Haus J, où elle reste visible. Seul un confort plus agréablement ressenti à l'intérieur peut faire comprendre que le bâtiment est fait en bois, mais ce sentiment reste très subjectif.

À l'extérieur, deux des bâtiments étudiés revêtent un bardage en bois. Chacun est agrémenté de saillies horizontales qui peuvent symboliser l'empilement des éléments par étage, avec la présence d'une saillie métallique dans le Swisswoodhouse et de balcons autour des Freilager. Les façades de ces derniers intègrent également des éléments typiques des structures en bois, comme des poteaux en bois ronds et des poutres en bois visibles pour soutenir les balcons, au contraire de balcons en porte-à-faux présents dans d'autres exemples.

Grâce à ces exemples, la constatation peut être faite que le langage architectural des bâtiments se détermine surtout à partir de son contexte et des intentions spatiales des concepteurs, parfois au détriment de la structure qui ne fait que s'adapter à un langage dont elle ne fait pas partie. On peut même rappeler que dans l'exemple du Swisswoodhouse de Bauart, certaines pièces sont construites en métal car l'utilisation du bois les aurait rendues visibles dans les logements, en raison des dimensions importants qu'elles auraient dû avoir.

## Organisation par plots avec noyau central : 2 cas



Hegianwandweg  
EM2N  
Zurich, 2003



Victor Ruffly  
Bonhôte-Zapata  
Lausanne, 2010

## Organisation par travées parallèles, qui changent d'orientation : 1 cas

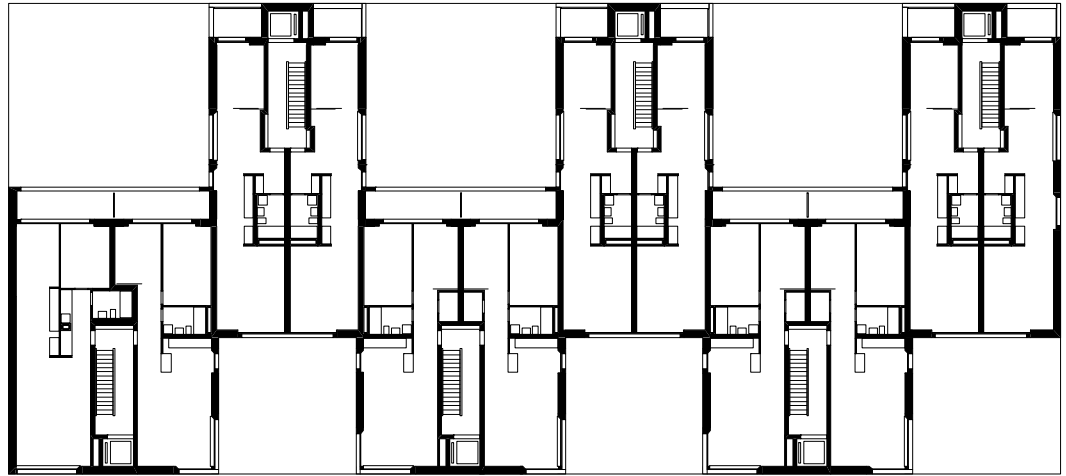


Haus J  
pool  
Zurich, 2014

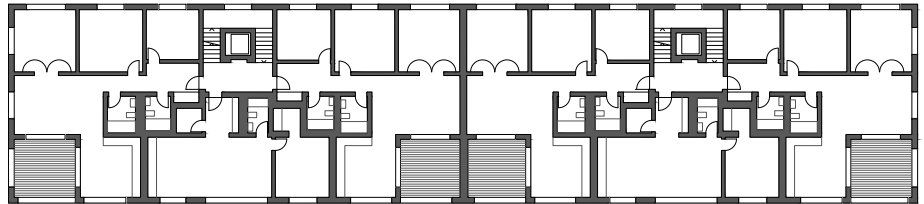
0 5 10 25

## Organisation par travées parallèles : 3 cas

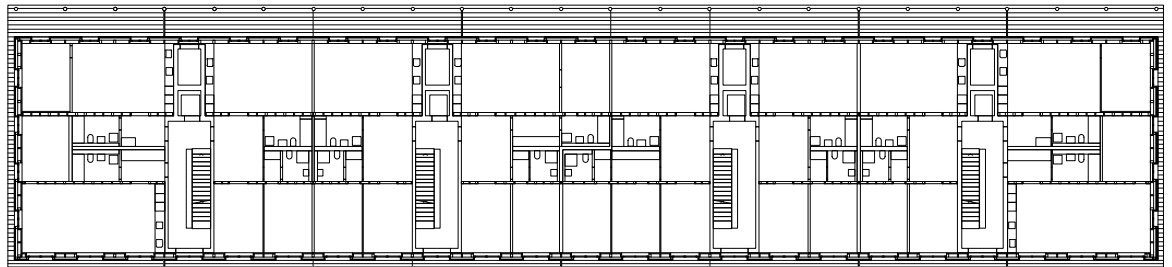
Badenerstrasse  
pool  
Zurich, 2010



Swisswoodhouse  
Bauart  
Nebikon, 2014



Freilager  
Rolf Mühlethaler  
Zurich, 2016  
  
bâtiment A6





## 5. Conclusion

L'analyse de ces six exemples apporte des enseignements nouveaux sur l'utilisation actuelle d'une structure en bois dans les immeubles de logements collectifs en Suisse. On a constaté que, pour l'instant, l'usage du bois se fait essentiellement en regard de ses atouts environnementaux et de mise en œuvre, tandis que ses qualités esthétiques et de régulateur climatique ne sont pas encore totalement valorisées.

### Les limites du bois

148

Malgré l'utilisation croissante du bois dans les immeubles de logements collectifs qui révèle l'engouement des concepteurs pour ce matériau, les structures en bois sont tributaires de certaines limites liées à leur mise en œuvre.

Tout d'abord, une structure en bois a la particularité de dépendre de l'utilisation d'autres matériaux pour sa construction, comme du métal pour les assemblages ou du béton pour le socle. Des réalisations entièrement en bois existent déjà, mais font figure d'exception dans le parc bâti suisse (voir le Pavillon du Théâtre de Vidy, p. 13). Néanmoins, une utilisation plus exclusive du bois, sans être complète, peut encore être développée, comme par exemple avec la mise en place de noyaux de contreventement en panneaux de bois massif. Ces innovations doivent néanmoins être l'objet d'une réflexion attentive, car elles ne sont pas encore courantes dans les constructions contemporaines.

Ensuite, les concepteurs d'un immeuble en bois sont confrontés aux normes de protection contre le feu qui dissuadent facilement de laisser ce matériau sans revêtement, à l'extérieur comme à l'intérieur. Ces normes tendent toutefois à s'assouplir davantage, laissant plus de liberté aux concepteurs quant à l'apparence à donner au bois de la structure.

De plus, le surcoût engendré par une structure en bois, même s'il ne représente que quelques pourcents de plus que son équivalent en maçonnerie, peut également décourager certains maîtres d'ouvrage à dépenser plus pour une construction plus durable, alors que d'autres n'hésiteront pas à investir davantage. Plutôt que de se focaliser sur le coût de la construction seule, il faudrait mettre dans la balance une planification certes plus compliquée mais qui économise de l'énergie et des ressources tout au long de la vie de l'édifice.

Ces ambiguïtés entre le rendement voulu par le maître d'ouvrage, l'entretien contraignant du bois, les normes de protection contre le feu et la volonté architecturale des concepteurs nécessitent plus de réflexion que pour une construction courante en maçonnerie ou en béton. Mais comme on l'a déjà vu, l'utilisation de nouveaux matériaux et de nouvelles méthodes de construction nécessite un revirement dans la manière de penser la construction, revirement qui se passe actuellement.



Immeubles avec une structure en bois et un bardage en tavillons à Riaz (FR),  
Lutz Architectes, 2016



Immeuble «La Paix» à Nyon,  
de Benoît & Partenaires, 2014

## Les avantages du bois

Si la construction en bois est encore aujourd'hui contrariée par les critères ci-dessus, elle rassemble néanmoins des avantages multiples et variés, constatés tout au long de ce travail. Les incidences positives de l'utilisation du bois dans la construction ne sont plus à démontrer, un des critères principaux étant celui de la rapidité du chantier. Grâce à la préfabrication, sa durée ainsi que la surface dont il a besoin peuvent être fortement réduites. De plus, la planification avancée de la construction réduit considérablement le nombre d'imprévus qui s'y produisent, pouvant ainsi encore restreindre la durée du chantier. Ces avantages sont similaires pour d'autres matériaux, comme la préfabrication possible et la légèreté d'une structure métallique ; néanmoins, la durabilité et le faible impact sur l'environnement ne se retrouvent aussi fortement qu'avec une structure.

Le recyclage est également un point fort du bois par rapport à la maçonnerie ou au béton. Il permet en effet une réutilisation aisée de la structure, comme on l'a vu dans des exemples, si la construction a été planifiée en conséquence. Cet atout apporte aux bâtiments en bois une plus grande durabilité qui n'est pas à négliger dans la logique actuelle d'économie des ressources. Ce concept de recyclage, même s'il est soumis à la volonté du maître d'ouvrage, pourrait néanmoins être mené plus loin que les exemples qui ont été abordés

dans ce travail, malgré les mesures imposées par les normes de protection incendie qui peuvent réfréner les intentions premières des concepteurs.

De plus, le bois massif dans un système porteur parvient aussi à concurrencer le béton d'une part grâce à la construction de panneaux similaires à des voiles, et d'autre part avec sa masse thermique qui rejoint quasiment celle du béton, pour des épaisseurs identiques. Ces dernières considérations, qui ne sont rendues possibles que grâce aux innovations des dernières décennies, tendent à montrer que l'étude du matériau bois n'a pas encore abouti et qu'il reste encore une marge d'amélioration des techniques constructives grâce aux technologies actuelles.

Enfin, en plus de ses propriétés techniques, le bois engendre pour les immeubles et les logements une qualité sensible, relative à l'imaginaire que véhicule un matériau faisant partie de l'histoire de la construction en Suisse, et qui renvoie une image chaleureuse et individualisée.

## Qualités et perspectives de développement

L'utilisation actuelle croissante du bois dans la construction se justifie principalement par le développement de la conscience écologique de tous les acteurs de la construction. Le développement de concepts comme Minergie et la société à 2000 watts encouragent les architectes à considérer la durabilité des bâtiments comme une obligation plutôt que comme une option. Cela les amène alors à approfondir leur réflexion dans le but de trouver des solutions intéressantes du point de vue de la durabilité, de la construction et bien sûr de l'architecture.

152

Cette réflexion se mène parallèlement au développement récent de la production industrielle d'éléments en bois qui accompagne la numérisation des données. Ainsi, le savoir-faire artisanal ancestral des charpentiers, leur connaissance approfondie du matériau, de ses capacités et des possibilités de le mettre en œuvre, est valorisé par la capacité de production actuelle, donnant au bois un avenir prometteur dans la construction.

Ces moyens entraînent une grande diversité des formes pouvant être données au bois, ainsi que de multiples possibilités de configurer des structures. Ces formes diverses s'adaptent alors facilement à plusieurs types de plans et d'expressions. À partir de cette liberté, une expression moderne est alors facilement réalisable pour des bâtiments neufs. Mon travail s'inscrit idéalement dans ce contexte de développement de la numérisation et de l'industrie de la construction en bois, qui permet et qui encourage même l'architecture en bois contemporaine à utiliser un nouveau langage.

Pour ce travail, je me suis penchée plus en détail sur les immeubles de logements collectifs car je pense que cette forme d'habitat, associée à un système porteur en bois, est une réponse réaliste aux considérations actuelles sur la durabilité des constructions et la densification nécessaire pour ralentir le bétonnage des surfaces. L'intérêt que je porte au bois se justifie également par l'ambiguïté présente entre un matériau associé à l'architecture rurale traditionnelle et l'aspect moderne qu'il peut revêtir dans une construction contemporaine, alors que la ressource reste la même.

Cette ressource qu'est le bois reste donc un matériau à part des autres, pour plusieurs raisons constructives mais également par le fait que ce soit le seul matériau de construction trouvé dans la nature qui puisse être individualisé. Comme le dit Michel Pastoureau, dans l'ouvrage *Savoir & faire : le bois* : «Le bois, en effet, n'est pas un matériau comme les autres : il vit et il meurt, il a des maladies et des défauts, il est fortement individualisé. (...) il peut souffrir, pourrir ou être blessé (...).» (Pastoureau, 2015, p. 71). Il est donc vivant, à l'instar de l'être humain.



## Bibliographie

## Articles

«Plus vite, plus haut, plus loin : les Ports francs de Zurich», *Magazine Renggli*, juin 2017, p. 4-9

Julia Selberherr & Stefan Meier, «Vision d'une ville en bois : réalité urbaine ?», *Ville en bois I*, Cahier spécial de *TEC21*, 2015, p. 21-26

Lukas Denzler, «Sortir des sentiers battus», *Ville en bois I*, Cahier spécial de *TEC21*, 2015, p. 28-33

Danielle Fischer, Rolf Manser & Stefan Meier, «Editorial», *Ville en bois II*, Cahier spécial de *TEC21*, 2016, p. 4-5

Julia Selberherr & Stefan Meier, «Constructions en bois en milieu urbain», *Ville en bois II*, Cahier spécial de *TEC21*, 2016, p. 12-16

Paul Knüsel, «Rock'n'roll colossal», *Ville en bois II*, Cahier spécial de *TEC21*, 2016, p. 34-37

Francesco Della Casa, «Construction en bois selon les critères Minergie-Eco», *Tracés*, n° 1, janvier 2009, p. 6-10

Antoine Hahne, «Projet de logements Victor Ruffy à Lausanne», *Habitation*, n° 4, 2005, p. 6-11

Olivier Namias, «Eau et bois à tous les étages», *d'architectures*, n°242, mars 2016, p. 41-77

Olivier Dessibourg, «Vers le haut et vers le bois, l'avènement des gratte-ciel en poutres», *T magazine*, 11 novembre 2017, p. 70-72

Roderick Hönig, «Planung und Konstruktion : Making of Hegianwandweg», *Hochparterre*, n° 16, 2003, p. 14-19

Dominique Boudet, «Zurich : le quartier Hunziker», *d'architectures*, n° 240, novembre 2015, p. 68-81

Mathias Heinz, *Der Vertrag : ein Wohn- und Geschäftshaus aus Massivholz in Zurich*, intervention au Internationales Holzbau-Forum, 2011, 11 p. [https://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf11\\_heinz.pdf](https://www.forum-holzbau.com/pdf/ihf11_heinz.pdf)

Sara Osmani, «Mustergültige Holzbausiedlung», *First*, n° 2, 2015, p. 32-37

## Livres

Jean-Luc Moulin & Philippe Lequenne, *La construction préfabriquée en bois : bâtir écologique en optimisant coûts et qualité*, Mens (F), Editions Terre vivante, 2014, 144 p.

Josef Kolb, *bois : systèmes constructifs*, Lausanne, PPUR, 2010, 319 p.

Yves Benoît & Thierry Paradis, *Construction de maisons à ossature bois*, Paris, Groupe Eyrolles, 2013, 334 p.

Jacques Lucan, *Matière d'art : architecture contemporaine en Suisse*, Bâle, Birkhäuser, 2001, 208 p.

Sascha Roesler, pool Architekten, *pool. Werkjournal 1998-2010*, Zurich, gta Verlag, 2010, 239 p.

Jean-Claude Guy, «Le bois dans la construction», in Association des ingénieurs de l'École supérieure du bois, *Manuel de l'ingénierie bois : pense précis bois*, Paris, Groupe Eyrolles, 2013, 682 p., p. 395-417

Bernard Marrey, *Des histoires de bois*, Paris, Editions du Pavillon de l'Arsenal, 1994, 199 p.

Günter Pfeifer & Per Brauneck, *Residential buildings : a typology*, Bâle, Birkhäuser, 2015, 432 p.

Michel Pastoureau, «Le bois au Moyen-Âge : une histoire culturelle», in Hugues Jacquet, *Savoir & faire: Le bois*, Arles (F), Actes Sud, 2015, 422 p., p. 71-83

Frédéric Frank, *Suburbanité : des théories urbaines au logement collectif contemporain*, Lausanne, PPUR, 2012, 176 p.

## Documents

Andrea Deplazes, Jürg Fischer et Marco Ragonesi, *Construction massive en bois*, Lignatec 20/2007, Lignum, Zurich, novembre 2007, 47 p.

FGZ Familienheim Genossenschaft Zurich, *FGZ-Wohnüberbauung «Brombeeriweg»*, Mai 2006, 14 p.



Annexes

Entretien avec Philippe Bonhôte, associé chez BonhôteZapata Architectes, à Genève, à propos des immeubles à l'avenue Victor Ruffy à Lausanne

entrevue enregistrée le jeudi 16 novembre 2017

*Coralie Comte : alors je m'intéresse plus particulièrement à deux points en général: c'est l'impact qu'a une structure en bois sur le bâtiment, donc déjà sur le projet, est-ce qu'on fait différemment un projet en bois ou en maçonnerie traditionnelle, et puis l'image qu'on donne au bois en structure, donc est-ce qu'on va la montrer ou pas, etc. Donc déjà, par rapport à Victor Ruffy, pourquoi est-ce que vous avez choisi une structure en bois ?*

Philippe Bonhôte : alors à Victor Ruffy c'est assez simple, c'était une condition, une contrainte de départ du maître d'ouvrage au niveau du concours. Donc il voulait un bâtiment qui utilise un maximum de bois. Donc c'est un prérequis, en fait. Nous, on ne s'est pas posés la question par rapport à ce bâtiment-là. Dans d'autres cas, on a d'autres réflexions par rapport au bois. On en a utilisé ailleurs, mais dans ce bâtiment-là c'était une contrainte de départ.

*D'accord. Dans le sens où vous avez toujours dessiné avec l'arrière-pensée : ce sera en bois?*

Ah oui, c'était une obligation pour les concurrents du concours.

*D'accord. Donc le bois dès le départ. Et puis, j'ai aussi été voir le constructeur bois, Berrut SA, qui m'a expliqué un petit peu la structure etc. Donc c'est une structure en poteaux-poutres, donc avec les dalles aussi en bois massif, si c'est bien compris...*

Donc oui... c'est une grande préfabrication, en réalité. Quand même, pour répondre à la première partie de la question, pour ce bâtiment-là, donc on a tout de suite travaillé avec un ingénieur, ce serait intéressant de le voir, Chabloz, je sais pas si vous avez pensé... parce que Berrut c'est le constructeur, enfin c'est le charpentier, qui a géré tout ça, mais en fait l'ingénieur bois qui a eu un rôle assez déterminant parce que c'est un spécialiste du bois, Martial Chabloz, lui ce serait intéressant... mais je ne sais pas jusqu'où... c'est plutôt un mémoire de théorie de l'architecture, on est pas trop dans l'ingénierie et la construction. Donc voilà. Mais enfin lui, il est un ingénieur et ce n'est pas inintéressant. Bref, on a tout de suite été le voir et on a d'emblée pensé qu'on ferait un bâtiment en bois, dans lequel on verrait pas de bois. C'était l'espèce d'a priori en se disant : on va construire un morceau de quartier, on ne voit pas forcément l'intérêt là d'avoir tout d'un coup un lotissement tout en

bois, et on va emballer ce bois, on a en utiliser un maximum mais on ne va pas en faire un élément d'expression architecturale. C'était un a priori de départ.

*Donc c'est lié au contexte urbain ? Mais ça a été pris comme décision...*

Effectivement. Dans ce quartier, dans tous ces lotissements, il y en avait pas, et on ne voyait pas tout d'un coup quatre bâtiments en bois là. On le bois plus... dans d'autres contextes. On peut en parler après, mais disons qu'en l'occurrence là, c'était aussi un deuxième a priori, de réflexion dès le départ.

*D'accord. Donc on m'a expliqué, il y a beaucoup de mètres cube qui ont été utilisés, donc ils l'ont été pour leurs propriétés écologiques, de chantier etc. ... ?*

Oui, écologiques et de pratique de construction. Alors le bois c'est un bois qui venait... idéalement il aurait dû venir de la Ville de Lausanne, mais en fait, il vient d'à peine plus loin, c'est-à-dire peut-être jusque dans le canton de Vaud, Fribourg, je me souviens plus exactement. Il y a eu un suivi où on a été voir quels arbres allaient être coupés, on les a coupés, on les a fait sécher, ... Là, vraiment, le côté Minergie-Eco a été complètement respecté. C'est assez sympa, parce que les arbres ont eu le temps de sécher, pendant qu'on travaillait, qu'on commençait le gros

œuvre etc. On trouvait intéressant une vraie construction bois et pas une expression de bois mais sur du béton, dans ce cas là. Je ne dis pas, parce qu'on l'a fait ailleurs... mais là, on va vivre jusqu'au bout cette notion de bois, mais pas faire un chalet, pas faire un truc où il y a du bois partout. Pour nous, il y a des contextes où on trouve que c'est trop, tout en bois.

*Le bardage et tout, c'est vrai que c'est assez typique... L'intégralité bois, voilà. Donc ça c'est pour l'extérieur, donc on crépi etc. Et pour l'intérieur des logements, aussi au niveau du projet, est-ce que l'idée a été émise d'afficher du bois ?*

Non, après il y avait d'autres contraintes d'isolation phonique, d'épaisseur, de coût, de durabilité, d'entretien... bref, plein d'autres critères, qui nous ont fait tout de suite évacuer ça. Par contre, je pense clairement, et j'y croyais pas, mais quand on rentre dans ces logements et dans ces appartements, il y a quelque chose d'indescriptible qui fait qu'on sent que c'est autre chose que dans un immeuble en maçonnerie traditionnelle. Il y a quand même quelque chose qui reste. Il y a un autre climat. Je ne peux pas le prouver scientifiquement, mais je pense qu'il y a quelque chose.

*Eh bien on sait que le bois a des propriétés pour réguler l'humidité de l'air, des choses comme ça ?*

Il y a une manière de vibrer, il y a quelque chose qui est quand même présent. Donc c'est quand même différents pour les gens d'habiter là-dedans que d'habiter dans le même bâtiment s'il avait été fait en maçonnerie.

*D'accord. Donc de partir sur un immeuble que vous savez dès le départ en structure en bois, est-ce que ça change le dessin ? Parce que les plans, il y a un noyau avec la circulation verticale avec les sanitaires accolés, donc pour les gaines verticales. Donc, si ça avait été en maçonnerie, est-ce que les éléments auraient été moins déterminés par la forme des dalles ou autre ?*

162 J'en suis pas sûr, j'en pense pas complètement. Oui, on a vérifié assez vite un dimensionnement des éléments, mais disons ... Maintenant, là où j'ai un doute, dans l'histoire de ce projet, c'est si on avait... oui, je crois qu'au niveau du concours on avait déjà vu avec l'ingénieur. Et donc, oui, il y a un dimensionnement qu'on a vérifié avec l'ingénieur, disons qu'on a esquissé une faisabilité, un système de dalles avec des difficultés, où est-ce qu'on fait change la direction de la structure, comment on règle la question des balcons, les choses comme ça. Avec évidemment la présence d'un noyau qui contient les sanitaires et la circulation verticale, et ensuite un système avec... Oui, on s'est assurés que cette portée soit compatible avec ce système-là de dalles en bois clouées avec un système en plus de variation, il y en a des plus larges et d'autres moins, ça permettait d'augmenter la hauteur

statique des dalles tout en augmentant pas trop considérablement le mètre cube de bois utilisé. C'était une espèce d'optimisation de ça.

*D'accord. Et puis, donc ce serait pour l'intérieur, les dimensions etc. Et par exemple pour la façade, l'emplacement des fenêtres ?*

Oui, oui. Alors c'est évident quand on voit les façades qu'on a un système qui... disons, il y a une superposition des éléments, donc il y a une relative tranquillité du système de façades, il y a un système de panneaux OSB ou Fermacell, donc on va dire un gros panneau aggloméré de copeaux, plus du Fermacell parce qu'il faut évidemment protéger tout ça contre le feu. Donc en réalité, c'est aussi une des contraintes, le bois, ça brûle ! Donc il faut aussi l'emballer. C'est pas seulement ... Je n'ai peut-être pas tout dit sur la motivation, c'est pas juste l'envie de ne pas montrer du bois, mais c'est vrai que quand on utilise du bois à un moment donné où on ne voit plus toutes les mesures qu'on a prises pour s'assurer de la sécurité face au feu et à d'autres choses, il y a un intérêt qui commence à tomber, à notre avis. c'est vrai qu'à l'époque, avec les bâtiments en bois de plusieurs étages, on a vite des coupures d'étage à étage, tout une expression dans les façades qui typent les bâtiments, et puis ce n'était pas ça qu'on recherchait. Donc c'est aussi une des raisons, ce n'est pas juste : on ne va surtout pas montrer du bois. Mais la contrainte feu était importante, il ne faut pas le négliger, dans certaines décisions d'architecture. Donc voilà, il y avait ça et le

fait que il y a ce jeu de volets coulissants qui permet d'agrandir virtuellement les baies tout en limitant l'expression des meneaux. On agrandit donc virtuellement les baies mais les fenêtres restent quand même de la dimension exprimée ici.

*D'accord. Donc si on regarde l'emplacement des fenêtre... pour l'emplacement des poteaux, c'est vous qui avez décidé ... ?*

On l'a fait ensemble, c'était un travail de collaboration entre l'ingénieur et nous. Dans le sens où ce n'est pas la dimension de la structure, des éléments qui ont dicté la façade ? Non non non, parce qu'on est pas partis sur un truc totalement... quoique, quand on voit les essais de façades, il y a des moments où c'était assez euh, il y en a encore là haut... (il me montre une dizaine de maquette d'essai alignées) on voit qu'on s'est permis... on peut faire ce qu'on veut en réalité, c'est pas si compliqué. Nous, on souhaitait être relativement calmes, et même les balcons au début étaient un vrai problème pour l'ingénieur, lui disait : il faut un poteau à l'angle, et on lui a dit : eh bien non, il n'y en aura pas, et il a trouvé une solution pour qu'il n'y en ait pas. après, il y a des petits endroits où il y a 1-2 éléments en métal qui aident, qui renforcent un peu les éléments de liaison. mais enfin...

*Donc c'est quand même une contrainte de structure, mais pas forcément de forme, vous lui avez donné la forme que vous vouliez...*

Non, c'est pas si compliqué. Surtout quand on travaille avec le logement, qui est de toute façon contraint dans ses mesures par d'autres critères, économiques, l'habitabilité, la dimension des appartements n'est pas infinie de toute façon, c'est pas compliqué de faire du bois. Les contraintes, je les vois plus d'ordre économique. Ça coûte quand même un peu plus cher, c'est sûr qu'on gagne du temps quand on construit, on monte...Voilà, c'était trois semaines par bâtiment le montage, donc c'est assez rapide. Maintenant, sur le total d'un chantier, je ne trouve pas que ce soit aussi déterminant que ça, car tout le reste prend le même temps, et on a quand même des chapes, parce qu'il faut des isolations phoniques, quand même dignes de ce nom. D'ailleurs on a pris beaucoup de mesures assez conséquentes par rapport aux questions phoniques parce que dans le bois, il y a quand même un peu ce risque-là, et honnêtement ça marche bien, on a jamais eu une seule plainte par rapport au bruit dans ces immeubles, en tout cas entre appartements. Donc ça marchait assez bien.

*D'accord. Est-ce que le matériau bois du coup améliore les propriétés acoustiques ?*

Non, pas forcément. A priori c'est même moins bon, parce qu'il y a moins de masse, on se prive de certains éléments qui aident. Mais au final, comme ça a été bien conçu, ça marche bien. Disons on a été très attentifs, alors que peut-être dans la maçonnerie traditionnelle on l'est un peu moins parce qu'on se dit, de toute façon ça marche mieux et en fait, j'ai envie de dire c'est la même attention qu'il

faudrait avoir.

*D'accord. Bon eh bien vous avez répondu un petit peu à toutes mes questions... Oui, donc mes deux directions de travail c'est vraiment est-ce que le bois a influencé vos plans et est-ce que architecturalement on le révèle ou pas !*

Alors c'est ça, quand j'ai reçu votre mail, je me suis dit : on parle encore de ce bâtiment comme d'un bâtiment en bois, mais en fait, si on ne le sait pas, on peut ignorer que c'est un bâtiment en bois, il n'est pas «flagship» de l'architecture qui utilise du bois, alors bon, Lignum s'est beaucoup intéressé à ce bâtiment, parce que je pense qu'il est... et puis à l'époque, quand on l'a conçu, on en avait encore pas fait beaucoup des bâtiments de cette hauteur-là en bois, donc on était encore un peu dans l'innovation, le fait que le bois était totalement... enfin on a même vu les arbres, enfin il y a un côté... c'est plutôt tout ce processus-là qui est intéressant, tout le travail d'équipe qui a conduit à ça. Questions d'économie, questions d'écologie, pour la construction mais aussi écologie dans la qualité d'habitat si on veut bien, mais c'est pas le bois pour dire : on fait du bois parce que il faut afficher le bois comme sympathique et rassurant et je ne sais quoi. Mais dans d'autres projets, on a fait juste l'inverse. On a construit en maçonnerie parce qu'il y avait des questions de coût, de rationalité et tout et ça nous a permis de valoriser des dimensions, de l'espace, d'économiser un peu sur ces éléments là donc de donner dans l'habitabilité en terme

d'espaces. Par contre, on a fait une façade bois, là en cherchant vraiment les qualités tactiles, visuelles du bois. Donc à mon avis le bois, c'est ça qui est intéressant, c'est qu'on peut l'utiliser à différents moments dans l'architecture, nous on essaie juste d'éviter le côté bois : le bois pour le bois comme argument, slogan écologique ou politiquement attractif, parce que c'est sympa le bois.

*Oui, parce que ça revient un petit peu à la mode, entre guillemets, avec l'écologie, ...*

Oui, voilà, on met du bois et du vert partout et on a déjà la moitié des points... enfin je caricature un peu. Même si on l'a fait, mais enfin bon, faut juste mesurer un peu les choses.

*Oui. Et ça dépend aussi vraiment des situations, du contexte,... Parce qu'ici je fais un petit panel de ce qui existe en Suisse, et vos immeubles c'était en 2010, je pense aussi que les normes étaient moins souples que depuis 2015, la dernière mise à jour. Mais par exemple dans votre bâtiment, on en voit pas du tout le bois. Donc ma question était aussi : est-ce que c'était un choix ou est-ce que c'était lié aux normes feu etc ?*

Il y a un peu les deux, oui.

*Oui. Et j'avais aussi un autre exemple, vous connaissez sûrement pool architectes, ils ont fait leur quartier Hunziker Areal, à Zurich. Donc l'extérieur on ne voit pas, mais à l'intérieur...*

Oui, il y a la charpente... Alors nous,

puisque vous parlez de ça, à l'époque, notre référence c'était le projet de EM2N à Zurich, Hegianwandweg, pour nous c'était un peu les pionnières. Ils avaient fini ça juste avant, et on a pas mal regardé ça. Et je pense qu'ils nous ont un peu inspiré. Parce que c'est pareil : il y a du bois, et ensuite à l'extérieur il n'y a plus de bois. Et ça nous avait intéressé, ce rapport-là.

*Oui, comme j'ai compris, ils étaient les premiers à faire ça, et ils avaient dû batailler avec les ingénieurs pour accepter ça niveau feu etc...*

Oui, pour ça ils étaient des pionniers. En tout cas nous, c'était un peu le... Oui, ce projet on le connaissait bien quand on était en train de travailler ça.

*D'accord. Oui parce que 2010 c'est pas si vieux que ça, mais je pense que quand on parle de construction en bois, ça...*

Oui, parce que le projet il date de 2005. Donc en fait, le concours c'était 2005.

*Donc c'était dans les premiers où on avait le droit de construire aussi haut ?*

Oui, alors je ne me souviens plus du contexte légal de l'époque mais on avait Martial Chabloz (l'ingénieur) qui nous aidait bien pour ces questions là. C'est marrant, parce que si on parle du bois, mon premier bâtiment qui date de 1991, construit en 1997-98, c'est là-dedans à l'îlot 13, le bâtiment à la Ciguë, la coopérative d'étudiants. Juste derrière

la gare, il y a un îlot qui s'appelle îlot 13, c'est un espèce de complexe très mixte de bâtiments anciens, avec des squats, enfin plus maintenant mais... et là, on a inséré dans l'îlot un bâtiment pour des étudiants, en bois mais de R sur 2, tout en bois, enfin le rez-de-chaussée en maçonnerie et puis après en-dessus tout en bois, dans les chambres, dans les appartements, les façades... c'est que du bois.. en 1991. On voyait ça comme le retour du bois dans la ville, à ce moment-là. Là il y avait vraiment une volonté de faire du bois, pour exprimer ce genre de bâtiments en bois qui sont souvent des bâtiments plus bas, qui ont ce caractère bâtiment d'artisans, bâtiments un peu éphémères entre guillemets, par rapport aux bâtiments de logements du nouvel ordre bourgeois. Et puis il y a avait vraiment une volonté d'exprimer le bois, parce qu'il y avait typologiquement et tout... J'en parle un peu, parce qu'on a un peu une relation avec le bois d'un projet à l'autre, variable. De temps en temps on fait un projet avec du bois, et c'est toujours différent, la motivation et le rôle du bois. Il y avait ça dans les années 1990, et il y a ensuite eu ça où on a inversé le propos justement en cachant complètement le bois, à un moment où oui, le bois était déjà bien revenu dans l'architecture en Suisse sous différentes formes. On ne ressentait pas nous le besoin d'exprimer du bois pour ce bâtiment, c'était différent que dans les années 90. En plus, c'est un bâtiment implanté d'une façon complètement... comme une espèce de coup de couteau dans l'îlot, qui tranche dans le contexte... c'est amusant.

Entretien avec Kathrin Merz, responsable  
Modulart chez Bauart, à Bern, à propos de  
l'immeuble Swisswoodhouse à Nebikon

## réponses reçues le 8 décembre 2017

La swisswoodhouse de Nebikon est un bâtiment à façades porteuses en ossature bois, avec des dalles en bois qui reposent sur des poutres métalliques, elles-mêmes posées sur des poteaux en bois. Deux noyaux de contreventement en béton stabilisent le tout.

Par rapport à cette structure :

- Pourquoi avoir choisi d'utiliser une structure en bois ? à quel moment du processus le bois a-t-il été retenu ?

Le SWH est un système de construction développer en collaboration interdisciplinaire avec l'entreprise Renggli (construction Bois) et avec Pirmin Jung (ingénieure bois). Ce développement a été suivi d'un projet de recherche lié à des aspects énergétique 2000W. (Voir rapport de synthèse).

Le but était de développer un système d'immeuble d'habitation qui répond aux standards de la société 2000W.

Le projet réalisé à Nebikon est un premier pilote. Ce pilote faisaient également partie intégrante du projet de recherche (BAFU/BFE Arbeitspaket AP7).

Le choix du bois était donné par cette constellations du projet (but de projet et partenaire).

- Pourquoi la structure poteaux-poutres a-t-elle été retenue ? (coût, statique,...)

Ils s'agissaient d'offrir un plan avec une flexibilité maximale, pour cette raison on a évité d'intégrer des murs porteurs à l'intérieur. Le system poteaux-poutres (sur une trame régulière) offre une grande variété de différentes typologies. Le système constructif et le suivant : mur porteur en périphérie et noyau en béton également porteur et des poteaux/poutres métalliques à l'intérieure du bâtiment.

- Une structure entièrement en bois, poutres et circulation verticale inclus, a-t-elle été envisagée ? si oui, pourquoi n'a-t-elle pas été retenue ?

Circulation verticale en bois n'étaient pas possible à l'époque (norme incendie). Seul alternative discutée étaient une structure légère en métal pour la circulation verticale.

Les noyau de circulations des futures constructions du type SWH sont envisagé en bois (gekapselt)

Les matériaux ont étaient choisis surtout selon leurs caractéristiques et leurs performances spécifiques.

Le choix pour le métal était pour réduire les dimensions des poteaux.

- Les poutres métalliques auraient-elles pu être remplacées par du bois, style lamellécollé ?

En principe oui mais la dimension statique aurait été plus importante. La poutre métallique a pu être intégré dans l'épaisseur statique de la dalle (sans être apparent). En bois cette poutre en question aurait été apparente.

Incidence sur la spatialité du projet

- Quelle est l'impact d'une structure en bois sur un projet de logements collectifs, et pour ce projet à Nebikon en particulier ?
  - o En plan : la structure bois a-t-elle une incidence sur l'emplacement des portes, sur la modularité,

la rationalité etc. ou le projet était-il déjà déterminé ?

C'est surtout la trame qui donne la règle donc c'est évidemment la structure porteuse qui doit être respectée impérativement. L'approche systématique ouvre justement une très grande flexibilité en plan et en façade. Voir brochure avec les différentes typologies.

- En façade : même question pour l'emplacement des ouvertures : est-il déterminé par la structure, ou la structure s'adapte-t-elle ? voir réponse précédente
- Quelles sont les contraintes d'une structure bois pour le dessin du projet et la spatialité des logements ?

Pour cette utilisation il n'y en principe pas de contrainte, car on a pas besoin de plus grande portée.

Pour des portées statiques plus large le matériau bois a évidemment des limites.

Le système choisi est une solution très économique si on considère porté/hauteur-statique/coût.

#### Incidence sur l'expression architecturale

- En façade : le bardage est-il une conséquence de la structure en bois, ou une volonté de départ ? Les bandes horizontales métalliques sont-elles seulement là comme coupe-feu ou symbolisent-elles l'empilement étage par étage des éléments ?

Le système SWH offre en principe plusieurs expressions architecturales et peut être matérialisé différemment.

Pour le projet pilote à Nebikon, le bardage verticale en bois est un choix architectural.

Les bandes coupe feu ont étaient utilisées pour structurer l'image de la façade.

167

- À l'intérieur : pourquoi le bois structurel n'est-il apparent à aucun endroit ?
  - Est-ce que le bois apparent dans un logement à louer est trop délicat pour l'entretien ?  
Oui, c'est argument qui est juste.
  - Est-ce que laisser du bois apparent a-t-il été évoqué, pour ses qualités esthétiques et haptiques particulières ? Si oui, est-ce que ça a été abandonné pour causes techniques (normes incendie) ou pour d'autres raisons ?  
C'est un choix architectural basé sur la une volonté du MO. Mais en principe il serait possible de laisser le bois apparent.

#### En général

Le choix du bois comme structure s'est-il fait seulement grâce à ses qualités environnementales ? Sinon, quelles autres qualités ont été exploitées, et comment ?

- Préfabrication et mode de construction
- Temps de construction.
- Confort (par rapport a une structure porteuse en béton)
- Ressource renouvelable, développement durable
- réductions d'émissions,
- Stockage de CO2
- 

Les qualités du matériau bois, en structure ou revêtement, ont-elles été utilisées à l'intérieur des logements ? Si oui, comment ?

Voir réponse précédente.

Entretien avec Mathias Heinz, partenaire chez pool architekten, à Zurich, à propos des immeubles à la Badenerstrasse et de la Haus J à Zurich

entretien téléphonique enregistré le mercredi 20 décembre 2017

*Coralie Comte : Donc je m'intéresse à trois points en particulier, si vous voulez répondre pour les deux bâtiments en même temps, c'est comme vous voulez ! Donc déjà, par rapport à cette structure en bois, pourquoi avoir choisi du bois pour ces bâtiments ?*

168 Mathias Heinz : Pour les deux bâtiments, c'était prioritaire le...je ne sais déjà plus le nom... (...) en allemand, comment on dit en français sustainability ? *Le développement durable ?* Oui voilà, le développement durable, ouais. *Donc c'était pour des questions écologiques ?* Oui et puis aussi économiques, avec la vitesse de construction qui est très intéressante. Et peut-être troisième point mais c'est aussi la qualité de vivre dans le bois. Disons qu'il n'est pas humide, en terme de finitions, alors le béton c'est quand même des matériaux liquides, humides, qui prennent des années pour sécher, et le bois, c'est disons immédiatement, en principe on pourrait rentrer dedans. Et je crois que c'est une grande qualité du bois.

*D'accord. Donc c'est des qualités à l'intérieur du logement. Donc par exemple à la Badenerstrasse, si j'ai bien vu, le bois n'est pas apparent, enfin la structure n'est pas apparente à l'intérieur ? Ça c'est vrai oui. Est-*

*ce que c'était un choix du maître d'ouvrage, peut-être, de pas faire apparaître le bois ?*

Non, c'était définitivement à cause des lois, du feu. La protection du feu. Parce que la Badenerstrasse, on avait 6 étages, alors c'est la limite qu'on pouvait faire dans le temps, en logements en bois. Bon, en fait, la maison est 7 étages, mais c'est 6 étages en bois. Et là, il fallait les couvrir complètement, avec un matériel non-inflammable. Et la maison J, elle était juste à quatre étages, alors on a été plus libres, et là on a laissé le bois. Alors disons le bois de construction était le bois de finition des murs. Et juste les murs dividents entre les chambres qui étaient pas portants, ils étaient juste du plâtre. Alors ces murs là ils étaient juste blancs. Alors dans la maison J, on voit très bien comment la maison elle fonctionne aussi. Mais même si le bois est caché, je pense qu'il y a... la maison elle a une autre qualité de quand on est dedans... *Une atmosphère ?* oui, une atmosphère. Je ne voulais pas dire atmosphérique mais vraiment une qualité de vivre dedans au sens de écologie... c'est différent. C'est un peu difficile à expliquer en français...

*D'accord ! Donc ça c'est pourquoi le bois...*

*vous avez dit que c'était aussi un critère économique, donc ça veut dire que c'est moins cher de faire avec du bois ?*

Non, c'est plus cher mais c'est plus vite. Alors ça, peut-être, disons que c'est sous le trait, c'est peut-être à zéro, mais on a quand même plus vite, plus efficace, et à mon avis, sur un site de construction de bois, il se passe moins de choses parce que il faut tout planer (planifier) en avance, et à mon avis, les deux bâtiments ils étaient... tout le déroulement de la construction allait très bien parce que, effectivement, il y avait moins de fautes parce qu'il y avait plus de programmation en avant, de chaque entrepreneur. Et je crois que à la fin c'est une qualité. C'est ce qui fait les bâtiments plus efficaces. *C'est aussi plus précis, j'imagine, de concevoir à l'avance ?* oui, oui.

*D'accord. Et puis, à quel moment la structure en bois a été décidée ? Donc est-ce que c'était au début, ou bien est-ce que les plans étaient déjà décidés quand vous vous êtes dits : on va faire avec du bois ?*

À la Badenerstrasse, on l'a décidé après le concours. Pendant le concours, on avait pas encore décidé spécifiquement comment on va

faire. Et avec la maison J, on a tout de suite commencé en voulant faire une maison en bois. La structure, les distances... en train de faire la maison, on a déjà pensé au bois. Parce que ça c'est un critère très important je crois, cette question elle viendra encore côté structure, si le bois il est déterminant pour la maison, et pour les logements. Et en effet, moi je pense que oui, logiquement ça devient différent. Une maison en bois n'est pas une maison en béton. Le béton en principe il peut porter dans les deux sens, de X et Y, et avec le bois, je construis toujours dans un principe des poutres, alors c'est toujours un sens, et pour être efficace et aussi économique, la distance d'un plafond ne doit pas dépasser les 5m et demi, 6 m. 6m c'est déjà un peu à la limite. Bien sûr je peux faire plus, pas de problème, avec le bois, mais après, quand même, la hauteur devient beaucoup plus grosse, comme avec le béton. Là, c'est quand même différent, il faut des pilotis, il faut plus de murs, ou des autres murs.

*D'accord. (il reçoit un téléphone et on reprend) J'avais aussi une question où vous avez déjà un peu répondu, donc comment sont dessinés les plans quand on utilise une structure en bois ? Donc est-ce qu'on dessine*

*des plans différemment qu'avec du béton qui porte dans les deux sens ? Donc pour les deux bâtiments, il y en a un où le bois était décidé après les plans, pour la Badenerstrasse. Et l'autre a été dessiné en pensant au bois, déjà. Donc est-ce qu'il y a une différence, ou est-ce que le bois s'adapte aux plans ?*

Non, moi je pense que, en effet, si on veut faire une belle maison en bois, il faut déjà penser le bois. Et à la Badenerstrasse, ça veut aussi dire que on a fait un plan qui était déjà parfait pour le bois. À un certain moment, il y avait aussi la coïncidence. Alors comme c'était en principe déjà des logements, en allemand on dit « schotten », alors il y avait déjà des murs, avec une distance de 5m et demi, alors il y avait un mur porteur parallèle à l'autre avec la distance et puis là, ça allait super bien, de faire en bois.

*Donc pour la Badenerstrasse, c'était une coïncidence...*

Oui, enfin, coïncidence... à partir du moment où on a discuté du mode de construction, c'était aussi... peut-être un autre projet, on aurait dit : non ça fonctionne pas en bois. Et on aurait oublié. Mais là on a dit : ça pourrait aussi être très bien en bois, et on a fait des études là-dessus, et la décision était très vite faire parce que ça allait très bien en bois. C'était très efficace en bois.

*Et pour la maison J, aussi depuis l'extérieur, comment a été choisie la façade ? Enfin depuis l'extérieur on ne comprend pas vraiment qu'il y a du bois qui est affiché à l'intérieur. Donc déjà, pourquoi avoir choisi un revêtement minéral pour l'extérieur et ne pas avoir montré le bois comme à l'intérieur ?*

D'abord, il faut quand même mettre une isolation. Il faut protéger l'isolation. C'est logique. Et après, on peut mettre tous les matériaux sur une maison de bois. Et puis pour la Badenerstrasse, on a beaucoup pensé sur ce thème et on a dit : comme c'est une maison vraiment en plein centre de la ville, c'est pas juste de faire une maison en bois. Ce serait étrange dans le contexte. Mais de l'autre part, c'est pas étrange de faire une maison en bois parce que disons, une grande partie de la vieille ville de Zurich s'est construite en bois, mais on ne le voit pas, parce que c'est couvert avec du plâtre et de la pierre. C'est en principe une méthode de construction très classique. Et c'est clair qu'une maison dans la ville est couverte, pour faire moins rural, plus urbain. Dans la Badenerstrasse, bien sûr, et je crois que ça se voit, on est allés très loin parce que c'était encore dans l'extension du XIXe siècle, alors ... il y avait plus la cour, mais disons la maison est encore dans la ligne des maisons du XIXe siècle avec les socles solides en pierre et c'était un peu cette apparence qu'on a cherché. Après, c'était encore la question du développement durable, on a calculé plusieurs

façades et c'était aussi notre décision. Mais c'était primaire (primordial) vraiment la décision de faire une maison urbain, mais en bois et comment on travaille avec ça. Et avec la maison J, même si c'est plus loin, c'était la même question, on a aussi dit : on veut pas faire... c'est pas intéressant de montrer a priori que c'est une maison de bois.

*Alors, est-ce que pour vous, le critère de développement durable est plus important que de montrer que c'est du bois en façade ?*

Non, ce n'est pas ce que j'ai dit. J'ai dit qu'une ville en bois au centre ville, c'est pas juste si on sait pas... il faut pas montrer le bois. Le choix du matériau de construction peut être économique, durable, mais à la fin on a aussi le contexte des maisons, de l'emplacement. Et là, on est persuadés qu'une maison de bois devrait être couverte avec un autre matériau. On voit dans l'histoire, il y a disons un... si je vois très loin, il y a tous les palais de renaissance en Italie, Medici et les autres, qui sont des maisons en briques, mais ils sont couverts de pierre. Dans une ville, c'est toujours aussi ... on veut se donner une expression, on couvre le matériau de la construction. Et dans le bois, on peut bien observer aussi dans les maisons en bois de tradition, disons à Berne, Emmental, mais aussi en Appenzell, ou que les maisons qui sont dans le contexte urbain, en bois, qui sont peints. Ils ont peut-être une façade en bois mais ils sont peints, alors il y a la

couleur dessus. Et ça fait l'effet qu'on pense pas au bois. Même à Berne, on voit Parfois des maisons qui font allusion à une construction en pierre. Et je trouve ça très intéressant. Et puis c'est les bâtiments ruraux (ruraux) qui montrent le bois naturel. Mais après, il y a aussi une parenthèse économique, d'entretien. Bien sûr, une façade en bois, il faut repeindre, c'est beaucoup plus de travail, c'est aussi une question de coût après, d'entretien. Et là bien sûr, c'est une question des investisseurs, s'ils veulent une façade qui faut rien faire pendant 15 ans, 20 ans, 30 ans ou si c'est une façade qu'il faut repeindre tous les 5 ans. Et bien sûr, c'est beaucoup plus facile si c'est juste deux étages, c'est quelque chose, prendre une échelle, ou si c'est une maison de six étages, il faut prendre un échafaudage, etc. c'est un peu aussi une discussion.

*D'accord, donc c'est surtout par rapport au contexte, c'est intéressant. Et encore une question, peut-être plus en détail : donc la maison J, si j'ai compris, c'est des solives, donc des poutres, avec le bois massif dans les murs extérieurs. Et puis la Badenerstrasse c'est des murs en bois massif directement. Donc comment ces types-là exactement de structure ont été choisi plutôt qu'une ossature? est-ce qu'il y a une raison, est-ce que c'est l'ingénieur ou est-ce que c'est vous qui avez voulu ?*

Dans la Badenerstrasse, on a développé avec

l'ingénieur en bois Hermann Blumer, un système. Et là, il y avait un cas spécial que ... alors la Badenerstrasse c'était construit pour une coopérative d'entrepreneurs. Ça veut dire que c'est pas une coopérative de logements. Donc c'est des entrepreneurs qui sont mis ensemble, une coopérative qui construit des maisons... (il reçoit un téléphone et on reprend) ça veut dire qu'ils voulaient une manière de construction qui marche avec très peu de préfabrication. Ça veut dire que dans cette coopérative il y avait un menuisier, comment on dit en français... *Un charpentier ?* Un charpentier, voilà. Ils ont cherché, enfin c'était le devoir pour l'ingénieur de développer un système de construction qui marche pour un charpentier, et c'était assez intéressant qu'à la fin c'était cette idée de mettre une poutre après l'autre, et de construire en principe un bois en mur massif. Et ce qui est très intéressant, il y a plus ou moins dans les plafonds de la colle, mais dans les murs il n'y a rien. C'est vraiment des poutres, de 20 centimètres, qui sont coupées déjà dans la scierie, dans la hauteur d'un étage, et voilà. Et on met une poutre après l'autre, on met le plafond etc. donc c'est presque un système un peu Lego, et c'est très intéressant que quand on va démonter, dans 80 ans, cette maison, donc peut-être elle est à la fin de sa vie, on pourrait réutiliser ce bois pour reconstruire quelque chose. Parce qu'on a des poutres de 20 centimètres, c'est vraiment du bois de construction, qui sera âgé, qui sera en principe du bois de haute qualité à la fin. Ça je trouvais

c'était une idée très intéressante. Et puis, et là ça devient plus compliqué, que le bois il y a aussi la masse. C'est une chose qui n'est juste pas ... comment dire... dans la pierre, on a la masse dedans, alors la température est préservée, non ? *oui, la masse thermique.* Oui, la masse thermique, voilà. Et à la fin, le bois il a aussi une très bonne masse thermique. Et jusqu'à maintenant, on n'a jamais vraiment calculé avec ça, alors si vous faites juste une ossature avec l'isolation, vous avez en principe un climat pas si bon à la fin, parce qu'il y a juste l'isolation. Alors c'est bien isolé mais il manque la masse. Et les maisons de blocs etc, on a fait de la recherche dans les diverses universités en Europe et puis il y a maintenant des chiffres que les maisons massives en bois ils sont beaucoup mieux. Alors la masse thermique n'est pas aussi haute que la pierre mais elle est beaucoup plus haute qu'on pensait, même très bien. C'était après une idée aussi de Hermann Blumer de travailler avec ça. Pour la maison J, on a réutilisé ce système, mais à la fin, l'entrepreneur total, après, il avait pas intérêt. Mais on a laissé la construction mais à la fin, la construction finale était avec des murs massifs mais qui étaient déjà préfabriqués. Parce que lui, il avait pas intérêt à ce qu'un charpentier travaille sur le site de construction, il voulait ça préfabriqué, déjà. Mais le système, en principe, le système porteur est le même.





Illustrations

## 1. Introduction

- 9 <http://www.meilipeter.ch/portfolio/schweizerische-hochschule-fur-/>
- 10 [http://www.bonhotezapata.ch/fre/archive/ilot\\_13\\_cigue\\_logements\\_pour\\_etudiants](http://www.bonhotezapata.ch/fre/archive/ilot_13_cigue_logements_pour_etudiants)
- 13 Ville en bois III, 2017, p. 43, <https://www.espazium.ch/uploads/5a09b74f53fc1>

## 2. Etat des lieux

- 17 <http://www.peristyle.ch/fr/article/259>
- 18 <https://www.myswitzerland.com/fr-ch/les-maisons-a-pans-de-bois-de-marthalen.html>
- 19 photo personnelle, prise à la gare de Nebikon (LU) le 6.01.2018
- 20 <http://www.brucall.com/platform-frame-construction/design-and-construction-platform-frame-construction-wood-framing-framing-vs-balloon/>
- 25 <http://www.gipen.fr/gamme-systemes-constructifs-professionnels/produits/ossature-bois-habitat-individuel.html#.Wk5H6MfCdE4>
- Photo transmise par Renggli SA le 6.11.2017
- 26 <https://www.tamedia.ch/fr/groupe/nouveau-batiment>
- 29 <http://www.schilliger.ch/wp-content/uploads/2017/11/GFP-Grossformatplatte-allgemein.pdf>
- <http://www.schilliger.ch/fr/produits/panneaux/>
- <https://www.i-b.ch/wohnbauten/wohnanlage-martigny?zoom=part16r98DA3CF>

176

## 4. Rôle du bois

- 41 symboles de la brochure Arguments en faveur du bois, Lignum, Zurich, édition de décembre 2016, 35 p., p. 15
- 4.A.1 : [https://www.holzbau-schweiz.ch/de/first/magazine-online/detail/?tx\\_hbchmagazin\\_article%5Barticle%5D=362&tx\\_hbchmagazin\\_article%5BbackPid%5D=58&tx\\_hbchmagazin\\_article%5BforceSession%5D=1&cHash=d4c9f161651c27413398fc6196e1504d](https://www.holzbau-schweiz.ch/de/first/magazine-online/detail/?tx_hbchmagazin_article%5Barticle%5D=362&tx_hbchmagazin_article%5BbackPid%5D=58&tx_hbchmagazin_article%5BforceSession%5D=1&cHash=d4c9f161651c27413398fc6196e1504d)
- 4.A.2 : <https://www.renggli.swiss/de/referenzen/ueberbauung-freilager-zuerich/>
- 4. A.3 : photo transmise par Renggli SA, le 8.11.2017
- 4.B.1 : [http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements\\_avenue\\_victor\\_ruffy](http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements_avenue_victor_ruffy)
- 4.C.1 : photo personnelle, prise le 6.01.2018
- 4.B-C.2 : <https://www.poolarch.ch/projekte/2009/0243-maw-haus-j/&refPage=Projektstand&filter=Ausgefuehrt>
- 43 <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110107181652/http://www.buildingforlife.org/case-studies/hegianwandweg/photos?p=10>
- 44 [http://bbs.zhulong.com/101010\\_group\\_201801/detail10027056](http://bbs.zhulong.com/101010_group_201801/detail10027056)
- photo personnelle, prise le 6.01.2018
- 46-47 [https://www.holzbau-schweiz.ch/de/first/magazine-online/detail/?tx\\_hbchmagazin\\_article%5Barticle%5D=362&tx\\_hbchmagazin\\_article%5BbackPid%5D=58&tx\\_hbchmagazin\\_article%5BforceSession%5D=1&cHash=d4c9f161651c27413398fc6196e1504d](https://www.holzbau-schweiz.ch/de/first/magazine-online/detail/?tx_hbchmagazin_article%5Barticle%5D=362&tx_hbchmagazin_article%5BbackPid%5D=58&tx_hbchmagazin_article%5BforceSession%5D=1&cHash=d4c9f161651c27413398fc6196e1504d)
- 49 idem que p. 46-47
- [http://www.em2n.ch/\\_data/documents/120109\\_How\\_We\\_Became\\_Part\\_II.pdf](http://www.em2n.ch/_data/documents/120109_How_We_Became_Part_II.pdf)
- 50 les deux : [http://bbs.zhulong.com/101010\\_group\\_201801/detail10027056](http://bbs.zhulong.com/101010_group_201801/detail10027056)

53 <http://www.proholz.at/zuschnitt/14/kantonales-brandschutz-pilotprojekt/>  
[http://bbs.zhulong.com/101010\\_group\\_201801/detail10027056](http://bbs.zhulong.com/101010_group_201801/detail10027056)  
 54 FGZ, 2006, p. 5, photo : Hannes Henz  
 56 FGZ, 2006, p. 6, photo : Hannes Henz  
 57 FGZ, 2006, p. 6, photo : Hannes Henz  
 59 <https://projets.batidoc.ch/node/7221> , coloration par CC  
 60 <https://projets.batidoc.ch/node/7221>  
<https://www.schweizeraktien.net/blog/2016/05/10/zuercher-freilager-projekt-in-albisrieden-kurz-vor-der-fertigstellung-72-der-wohnungen-bereits-vermietet-ertraege-sprudeln-erst-ab-2017-9541/>  
 63 <https://projets.batidoc.ch/node/7221>  
 64 plans et élévation : <https://projets.batidoc.ch/node/7221>  
 coupe : [https://www.holzbau-schweiz.ch/de/first/magazine-online/detail/?tx\\_hbchmagazin\\_article%5Barticle%5D=684&tx\\_hbchmagazin\\_article%5BbackPid%5D=58&tx\\_hbchmagazin\\_article%5BforceSession%5D=0&cHash=864f828355a8ae7c139bb0e96bd611b6](https://www.holzbau-schweiz.ch/de/first/magazine-online/detail/?tx_hbchmagazin_article%5Barticle%5D=684&tx_hbchmagazin_article%5BbackPid%5D=58&tx_hbchmagazin_article%5BforceSession%5D=0&cHash=864f828355a8ae7c139bb0e96bd611b6)  
 65 <https://www.espazium.ch/schwergegewichtiger-rocknroll>  
 66 <https://projets.batidoc.ch/node/7221>, analyse par CC.  
 69 photos transmises par Renggli SA le 6.11.2017  
 70 <https://www.renggli.swiss/de/referenzen/ueberbauung-freilager-zuerich/>  
 photo personnelle, prise le 6.01.2017  
 73 photo personnelle, prise le 6.01.2018  
 75 <http://arcdog.com/portfolio/swisswoodhouse/> , coloration par CC  
 76 photo personnelle, prise le 6.01.2018  
 photo transmises par Renggli SA le 6.11.2017  
 79 <https://bauart.ch/projets/swisswoodhouse/> -> Download Flyer  
 80 redessin des plans par CC  
 81 redessin du plan par CC  
 document transmis par Renggli SA, le 8.11.2017  
 82 redessin et analyse par CC  
 85 <http://holzfunktion.ch/portfolio-item/swisswoodhouse-in-nebikon-lu/>  
 capture d'écran : vidéo <https://www.renggli.swiss/de/referenzen/mehrfamilienhaus-swisswoodhouse-nebikon/>, 1:47  
 86 photos transmises par Renggli SA, le 6.11.2017  
 89 photos transmises par Renggli SA, le 6.11.2017  
 91 <https://architectes.ch/fr/architectes/geneve/bonhote-zapata-architectes/avenue-victor-ruffy-57-63>  
 92 photo transmise par A. Berrut SA le 13.11.2017  
 photo personnelle, prise le 7.01.2018  
 95 [http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements\\_avenue\\_victor\\_ruffy](http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements_avenue_victor_ruffy)  
 élévation transmise par Philippe Bonhôte le 16.11.2017

- 96 [http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements\\_avenue\\_victor\\_ruffy](http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements_avenue_victor_ruffy)  
plan du rez transmis par Philippe Bonhôte le 16.11.2017
- 97 [http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements\\_avenue\\_victor\\_ruffy](http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements_avenue_victor_ruffy)
- 98 [http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements\\_avenue\\_victor\\_ruffy](http://www.bonhotezapata.ch/fre/chronology/logements_avenue_victor_ruffy), analyse par CC
- 101 photo transmise par A. Berrut SA le 13.11.2017  
photo transmise par Philippe Bonhôte le 16.11.2017
- 102 photo personnelle, prise le 7.01.2018
- 105 plan transmis par Mathias Heinz, le 20.12.2017, coloration par CC
- 106 photos personnelles, prises le 6.01.2018
- 109 plans transmis par Mathias Heinz, le 20.12.2017
- 110 <https://www.poolarch.ch/projekte/2006/0176-badenerstrasse/&refPage=projekte>
- 111 <https://www.poolarch.ch/projekte/2006/0176-badenerstrasse/&refPage=projekte>
- 112 élévation transmise par Mathias Heinz, le 20.12.2017
- 113 photo personnelle, prise le 6.01.2018
- 114 <https://www.poolarch.ch/projekte/2006/0176-badenerstrasse/&refPage=projekte>, analyse par CC.
- 116 [http://www.forumholzbau.com/pdf\\_10/nl48\\_pfaeffinger.pdf](http://www.forumholzbau.com/pdf_10/nl48_pfaeffinger.pdf)  
<https://www.poolarch.ch/projekte/2006/0176-badenerstrasse/&refPage=projekte>
- 119 <https://www.poolarch.ch/projekte/2006/0176-badenerstrasse/&refPage=projekte>
- 121 <https://www.espazium.ch/mehr-als-wohnen>
- 178 122 <https://www.poolarch.ch/projekte/2009/0243-maw-haus-j/&refPage=Projektstand&filter=Ausgefuehrt>
- 125 plan rdc : <https://www.poolarch.ch/projekte/2009/0243-maw-haus-j/&refPage=Projektstand&filter=Ausgefuehrt>  
plans étages : transmis par Melanie Brunner, de Proholz Lignum Luzern, le 11.12.2017
- 126 transmis par Melanie Brunner, de Proholz Lignum Luzern, le 11.12.2017
- 127 transmis par Melanie Brunner, de Proholz Lignum Luzern, le 11.12.2017
- 128 transmis par Melanie Brunner, de Proholz Lignum Luzern, le 11.12.2017
- 129 <https://www.poolarch.ch/projekte/2009/0243-maw-haus-j/&refPage=Projektstand&filter=Ausgefuehrt>
- 130 transmis par Melanie Brunner, de Proholz Lignum Luzern, le 11.12.2017, analyse par CC
- 133 transmis par Melanie Brunner, de Proholz Lignum Luzern, le 11.12.2017
- 134 photo personnelle, prise le 6.01.2018
5. Conclusion
- 149 <https://www.lutz-architectes.ch/realisation/immeubles-de-logements-en-ppe-minergie-p-eco-7366>
- 150 <https://www.debenoit-partenaires.ch/nyon?lightbox=dataItem-irg4m650>

sites internet consultés le 4 janvier 2018



Pour ce travail, je tiens à remercier chaleureusement :

Le professeur Bruno Marchand, Sonia Curnier et Alexandre Aviolat, du laboratoire LTH2 à l'EPFL, pour le soutien et la correction de ce travail ;

Monsieur Yann Favre, chez Amédée Berrut SA, à Collombey, pour les documents envoyés et ses explications ;

Monsieur Philippe Bonhôte, chez BonhôteZapata architectes, à Genève, pour les documents transmis et ses réponses à mes questions ;

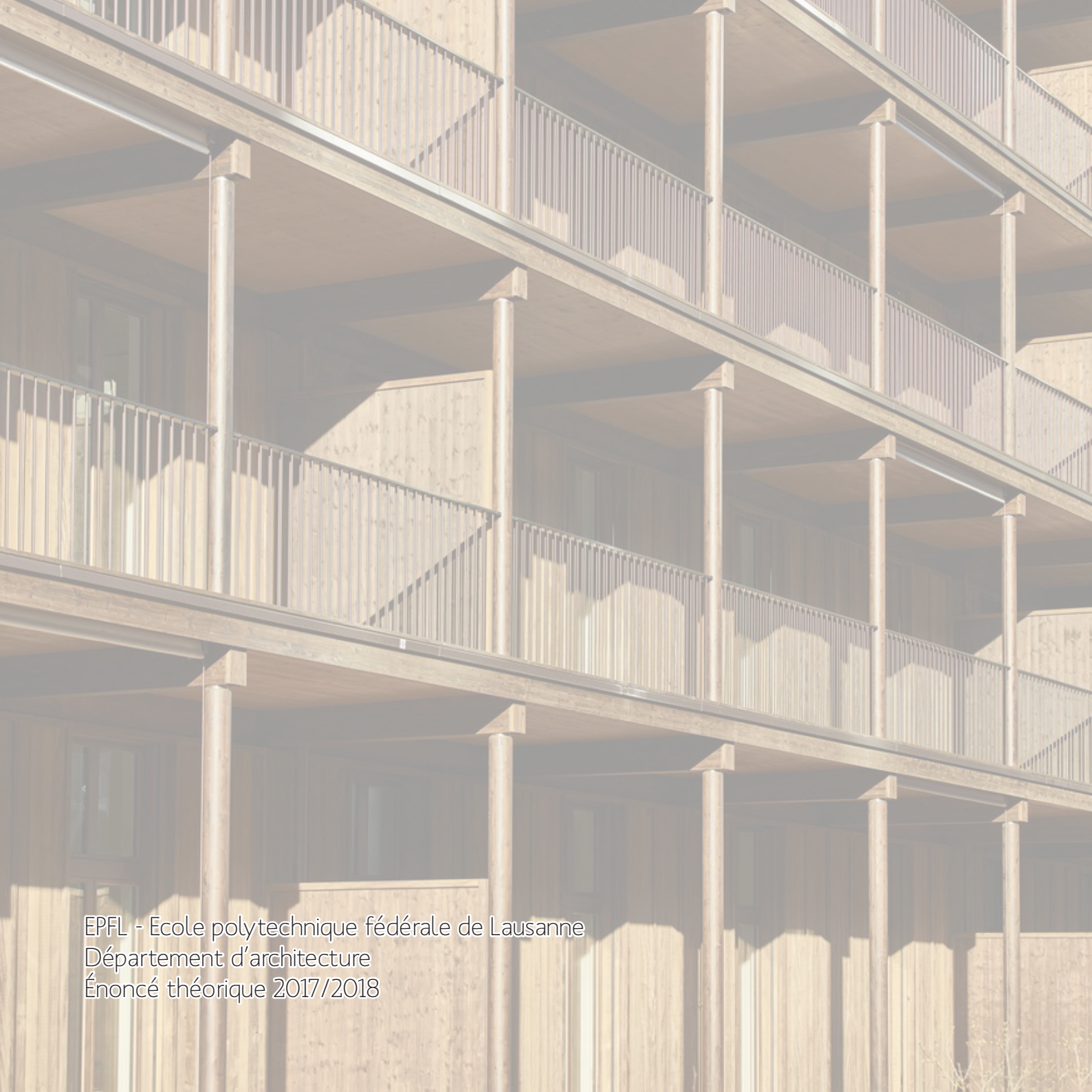
Monsieur Sidney Rittmann, chez Renggli SA, à Granges-Paccot, pour les documents transmis sur deux des immeubles ;

Madame Kathrin Merz, chez Bauart Architekten und Planer AG, à Berne, pour ses réponses à mes questions et les documents envoyés ;

Monsieur Mathias Heinz, chez pool architekten, à Zurich, pour ses réponses à mes questions en français, et les documents envoyés ;

et mes proches, pour la relecture et tout le soutien qu'ils m'ont apporté.

Remerciements



EPFL - École polytechnique fédérale de Lausanne  
Département d'architecture  
Énoncé théorique 2017/2018