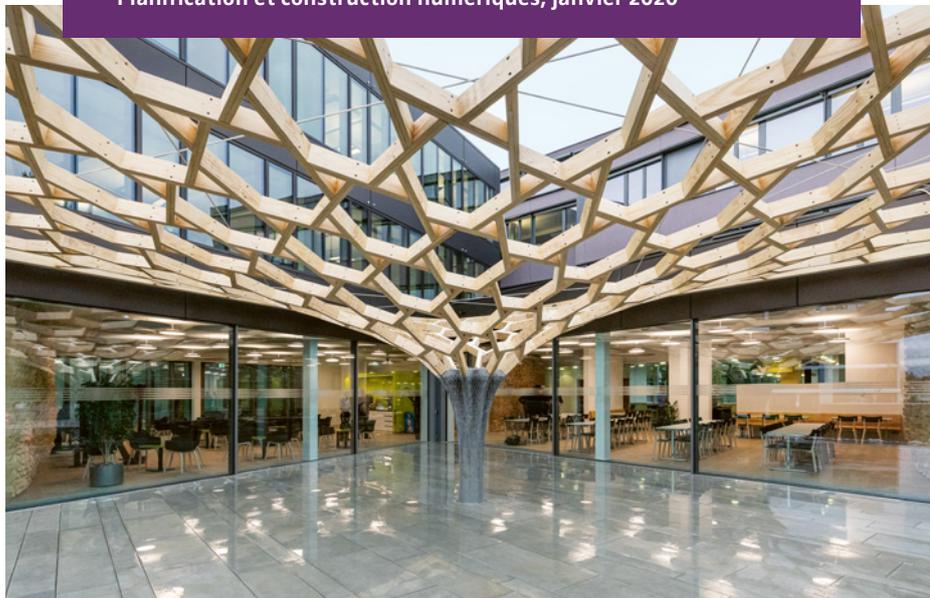


Intégral

Planification et construction numériques, janvier 2020



Projet pilote de planification paramétrique

La numérisation dans le processus de planification évoque aujourd'hui généralement le BIM. Encore peu répandue, la planification paramétrique est cependant au moins aussi prometteuse. Elle offre à la fois un langage formel totalement nouveau ainsi qu'une fonctionnalité optimale. Seuls les nouveaux procédés de construction permettent la mise en œuvre de ces conceptions exceptionnelles. Aperçu d'un projet pilote.

Un pavillon ouvert coiffe la nouvelle terrasse de l'immeuble de bureaux de Basler & Hofmann à Esslingen. L'architec-

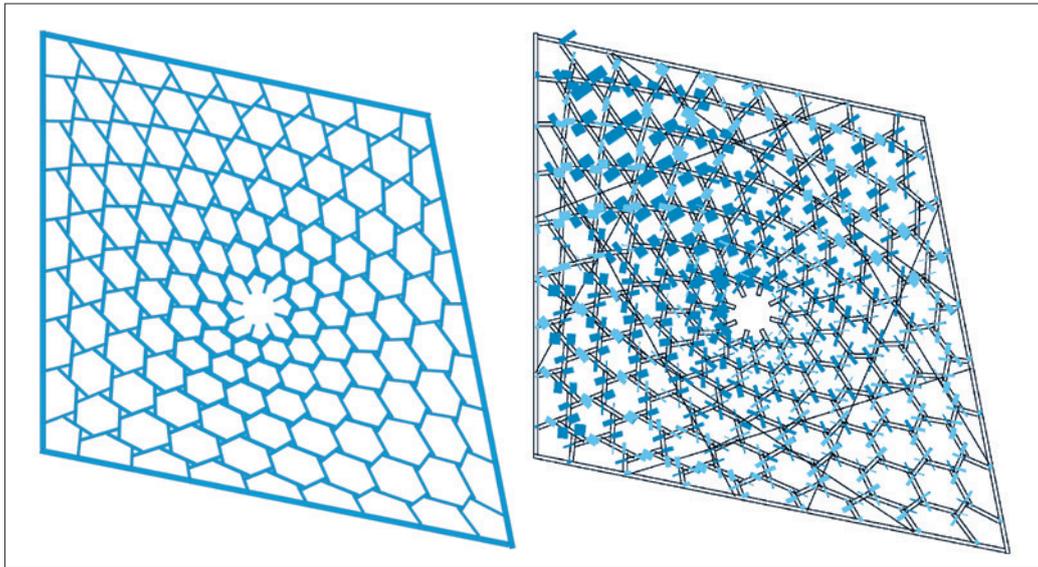
ture inhabituelle capte immédiatement le regard: le toit est constitué d'une construction en bois incurvée en nid d'abeilles aux accents aériens. Ce n'est qu'en s'approchant que l'on aperçoit le support en béton sur lequel il repose. L'équipe en charge de la planification a baptisé le pavillon «Future Tree». Un nom prédestiné, la méthode de conception et de planification ainsi que le processus d'exécution étant tout droit sortis du laboratoire de recherche. L'«arbre du futur» est né d'un partenariat de développement entre Basler & Hofmann, Gramazio Kohler Research, chaire d'architecture et de fabrication numérique

Suite en page 2 →

Éditorial

Chères lectrices, chers lecteurs, L'architecture naît en tension entre les aspects esthétiques, fonctionnels, écologiques et économiques. Ces pôles sont constamment mis en balance au cours d'un projet de construction – car ceci est clair: il n'existe quasi pas de solution qui atteigne l'optimum pour chacun d'entre eux. Le processus de planification tel que nous le connaissons aujourd'hui est séquentiel: le maître d'ouvrage définit les objectifs et les conditions-cadres, l'architecte dessine l'ébauche, et l'ingénieur développe des solutions techniques pertinentes que l'entrepreneur met en œuvre de manière aussi rentable que possible. Et si, au lieu de cela, toutes les parties impliquées définissaient ensemble, au début de la planification, les exigences à remplir par un objet? Ou encore si un algorithme produisait toutes les variantes qui répondent de manière optimale à ces critères? Et si les acteurs pouvaient ensuite choisir, parmi toutes les solutions, la meilleure variante et la développer? C'est précisément ce que permet la planification paramétrique. Cette approche génère des structures très complexes, jusqu'ici réservées aux édifices prestigieux. La méthode se démocratise actuellement sous l'effet du développement rapide des logiciels et de la technique de fabrication, et peut ainsi aussi être appliquée aux «édifices courants». Ceci ouvre aux architectes et planificateurs de nouvelles approches et aux maîtres d'ouvrage de nouvelles possibilités, comme l'illustrent les exemples de cette édition. Nous en sommes ravis!

Mathias Kuhn, Expert responsable
Planification numérique



À gauche: la géométrie de la couronne. Le modèle paramétrique a été relié au logiciel de simulation du comportement sous charge.

À droite: représentation des forces de liaison maximales dans le sens longitudinal.

Suite de la page 1

à l'EPF de Zurich, et l'entreprise Erne Holzbau.

«La méthode de conception et de planification ainsi que le processus d'exécution du Future Tree sont tout droit sortis du laboratoire de recherche»

L'idée du «Future Tree»

Le Future Tree fait partie d'une annexe que l'entreprise d'ingénieurs a ajoutée à son bâtiment existant et qui comprend par ailleurs une cafétéria et deux étages de bureaux. Située sur l'arrière de l'actuel bâtiment et occupée depuis juillet 2019, l'extension forme, avec ses deux ailes latérales, un angle aigu. Une cour intérieure offrant un emplacement idéal pour une forme architecturale intéressante a ainsi été créée. Un pavillon extérieur ouvert, qui attire le regard depuis le rez-de-chaussée et les étages supérieurs, doit y prendre place. L'équipe d'architectes de l'EPF de Zurich a développé une construction en forme d'arbre composée d'une «couronne» géométriquement complexe – une structure réciproque en bois – et d'un support en béton présentant une forme et une structure inhabituelles. Extrêmement fastidieuse avec les méthodes de planification et de construction traditionnelles, la réalisation de géométries complexes était jusqu'ici réservée aux édifices prestigieux. La planification paramétrique et les nouvelles méthodes

de construction ouvrent désormais cet univers de formes aux objets de construction plus ordinaires.

Planification paramétrique de la «couronne»

Contrairement au processus de conception et de planification traditionnel, la planification paramétrique ne dessine pas la construction souhaitée, mais le programme. L'intention de conception est saisie dans un code de programmes à l'aide de différents paramètres. Il en résulte un modèle paramétrique du projet de construction. Quelques paramètres, tels que les dimensions du pavillon, sont fixes tandis que d'autres peuvent être modifiés après la création du modèle. La structure de toit du Future Tree se compose de nœuds dits réciproques. La taille des mailles, la dimension des nœuds et la courbure ont par exemple pu être modifiées dans le modèle paramétrique, générant ainsi une adaptation automatique de la géométrie complète de la structure. Le modèle étant relié aux programmes statiques, les incidences d'une modification de la géométrie sur le comportement sous charge ont rapidement pu être contrôlées. Au cours d'un processus itératif, la conception architecturale et le comportement sous charge ont ainsi été harmonisés et optimisés. Les nœuds sont par exemple plus gros au niveau du porte-à-faux, afin de conférer dans cette zone davantage de rigidité à la structure. Chaque nœud de la «couronne» du Future Tree est différent. Les câbles de précontrainte ont pu être placés de telle sorte que les raccords vissés de la

construction en bois soient sollicités le moins possible. Le modèle paramétrique a par ailleurs permis de positionner sans collision les vis de 30 centimètres de longueur dans la géométrie complexe.

«La conception architecturale et le comportement sous charge ont été optimisés au cours d'un processus itératif»

Le modèle paramétrique – un travail collectif

La planification paramétrique entraîne également des modifications dans le processus de planification: tandis qu'avec la procédure traditionnelle, l'architecte, l'ingénieur et l'entrepreneur interviennent de manière séquentielle ou alternée, le processus de planification paramétrique exige une collaboration continue, y compris avec le maître d'ouvrage. Toutes les informations relatives à la conception, à la statique et à la fabrication sont enregistrées et coordonnées dans le modèle paramétrique. Afin de pouvoir intégrer des données de fabrication – préperçages par exemple – dans le modèle, même la planification de la fabrication est intégrée dans la phase de conception. Le modèle paramétrique est ainsi un travail collectif qui permet une chaîne de processus fluide, de la conception au montage.

Procédé de construction automatisé

La planification paramétrique crée des structures très complexes difficilement

réalisables avec la précision requise par des mains humaines. Le développement de la planification paramétrique est par conséquent étroitement lié à l'utilisation de robots dans le secteur du bâtiment. Les données du modèle paramétrique du Future Tree ont directement été intégrées dans les machines de production de l'entreprise Erne Holzbau. Le robot scie, perce et positionne les barres en bois conformément au modèle, tandis que l'homme surveille le processus et réalise le vissage final des éléments.

«Les formes géométriques complexes étaient jusqu'ici réservées aux édifices prestigieux»

Coffrage extrêmement mince généré par l'imprimante 3D

Afin de garantir une transition aussi fluide que possible entre le «tronc» en béton du Future Tree et la construction en bois du pavillon, le support en béton devait être réalisé dans une forme exceptionnelle. Avec une méthode de construction traditionnelle, les structures en béton inhabituelles nécessitent une construction de coffrage complexe. Le coffrage devient une œuvre d'art à part entière même s'il n'est en définitive qu'un «déchet». En collaboration avec l'équipe de recherche de la chaire de chimie physique des matériaux de construction de l'EPF de Zurich, les

chercheurs de Gramazio Kohler Research ont développé un nouveau procédé qui permet la réalisation performante de nouvelles formes exceptionnelles dans la construction en béton armé. Tout comme le toit en bois, la géométrie du support a été planifiée de manière paramétrique. Les données du modèle ont été directement transmises à une imprimante 3D, qui a imprimé le coffrage du support en plastique. D'une épaisseur de seulement 1,5 millimètre, ce coffrage est à juste titre appelé «coquille d'œuf». Un coffrage aussi fragile ne peut contenir de béton traditionnel. La pression du béton frais le détruirait. Les spécialistes des matériaux de l'EPF de Zurich ont par conséquent conçu un mélange de béton offrant une résistance à court terme élevée. Le procédé en coquille d'œuf a permis de conférer au support du Future Tree une forme organique dotée d'une fine structure en treillis, dont la réalisation n'aurait pas été possible avec un coffrage traditionnel. Le coffrage en tant que tel peut être fondu et réutilisé.

«Une telle structure ne peut pratiquement plus être construite par la seule main de l'homme»

De la recherche à une construction réelle

Les éléments de construction du Future Tree ont été transportés à Esslingen et

montés sur place en octobre 2019. Cet objet certes relativement petit a néanmoins permis de prouver que l'utilisation des nouvelles méthodes de conception, de planification et de construction n'est pas seulement possible en laboratoire, mais également pour un objet de construction «réel» et viable. Le Future Tree donne une première idée des réalisations que permettront ces méthodes dans l'avenir.

Intervenants dans le projet

Maître d'ouvrage: Basler & Hofmann SA

Architecture et technologie: Gramazio Kohler Research, chaire d'architecture et de fabrication numérique, EPF de Zurich

Statique et construction: Basler & Hofmann SA, Erne AG Holzbau / SJB Kempter Fitze AG

Développement du procédé de construction et production du bois de construction: Erne AG Holzbau

Développement du procédé de construction et production du support en béton: Gramazio Kohler Research, EPF de Zurich, chaire de chimie physique des matériaux de construction, EPF de Zurich

Architecture propre extension: Stücheli Architekten

Interlocutrice

Sanja Hak
Ingénieur en génie civil
T 044 387 13 64
sanja.hak@baslerhofmann.ch

Sculpture en béton inhabituelle: le coffrage de l'imprimante 3D permet une microstructure fine. L'ingénieure civile Sanja Hak est ravie du résultat du projet collectif.



Vidéos des projets pilotes de Basler & Hofmann

Comment le «Future Tree» est-il né? Comment les parois acoustiques ont-elles été montées? Quels autres procédés de planification et de construction innovants ont été utilisés pour la construction de l'extension de Basler & Hofmann?

Vous en saurez plus dans notre série de vidéos.



Esthétique et acoustique en harmonie

Les «parois acoustiques» de la nouvelle cafétéria de Basler & Hofmann captent le regard par leur esthétique exceptionnelle tout en optimisant l'acoustique. Ceci a été possible en combinant la planification paramétrique, la simulation acoustique et les méthodes de fabrication numériques – avec des résultats impressionnants.

Au début, une seule chose était certaine: les éléments acoustiques de la nouvelle cafétéria du bâtiment de Basler & Hofmann à Esslingen devaient être réalisés selon des méthodes novatrices de planification et de fabrication numériques. Les éléments devaient à la fois être esthétiques et garantir une excellente acoustique. La forme, le matériau et la méthode de fabrication étaient libres. Les «parois acoustiques» ont peu à peu pris forme au cours d'un processus de conception et de planification itératif mené entre Gramazio Kohler Research, la chaire d'architecture et de fabrication numérique à l'EPF de Zurich, Erne Holzbau, et les ingénieurs en acoustique de Basler & Hofmann. Il s'agit de trois parois composées de plus de 8500 éléments identiques en bois, disposés de

sorte que les variations de l'éclairage naturel de la pièce au cours de la journée créent sans cesse un nouveau jeu d'ombre et de lumière. Le processus de création a été aussi original que les parois elles-mêmes.

Disposition optimisée

Les parois acoustiques ont été conçues de manière paramétrique par des chercheurs de l'EPF de Zurich. Elles n'ont donc pas été dessinées comme dans un processus de planification traditionnel, mais programmées à l'aide de paramètres pertinents. D'innombrables variantes d'aménagement peuvent ainsi être générées très rapidement. Mais quelle est la forme avec les meilleures propriétés acoustiques? Dans une cafétéria, une bonne intelligibilité à une faible distance est importante. Les échos entre les vitrages de grandes dimensions doivent par ailleurs être évités. Les parois ont une incidence sur l'acoustique d'une part grâce aux «espaces» volontairement créés entre les éléments en bois. L'énergie sonore est absorbée par la cavité qui se trouve derrière. D'autre part, le décalage spatial des éléments assure une dispersion diffuse du son. Les ingénieurs en acoustique ont simulé ces effets sur

diverses variantes et déterminé ainsi la disposition esthétiquement et fonctionnellement optimale des éléments en bois.

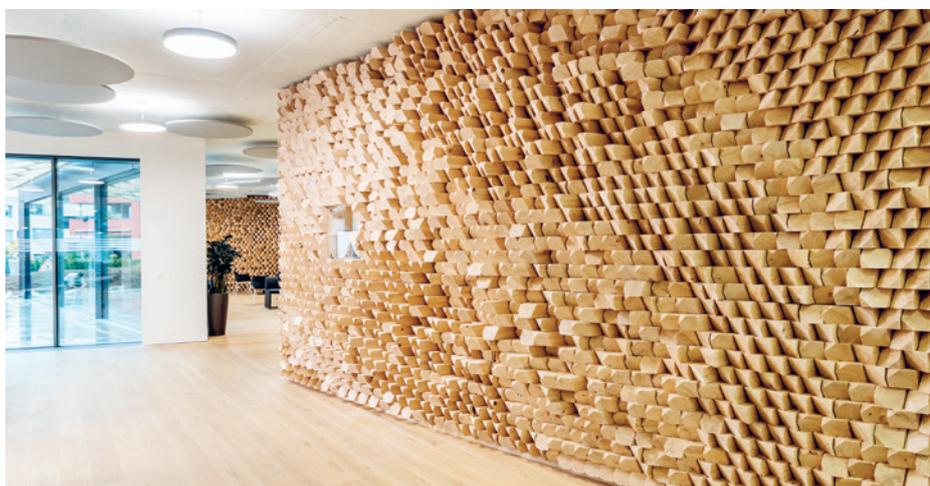
Effet impressionnant

La construction par l'homme d'un modèle aussi complexe serait quasiment impossible avec un plan traditionnel en deux dimensions. Une application de réalité augmentée développée par des chercheurs de l'EPF de Zurich a permis aux monteurs de visualiser la position exacte de chaque élément en bois et de les superposer avec précision. En plus de leur esthétique unique, les parois garantissent également une acoustique performante: le temps de réverbération et l'intelligibilité sont même meilleurs que prévu. Les basses fréquences inférieures à 250 Hertz sont également bien atténuées. Une telle performance n'était jusqu'ici possible qu'avec des absorbeurs de graves très coûteux ou avec de grandes structures. Cette approche offre donc encore un potentiel élevé pour relever les défis variés dans le domaine de l'acoustique architecturale.

Interlocuteur

Jens Schuster
Expert en physique du bâtiment
T 044 387 13 43
jens.schuster@baslerhofmann.ch

Jeu d'ombre et de lumière: les parois garantissent une acoustique optimale dans la pièce.



Maîtrise d'ouvrage et direction du projet:

Basler & Hofmann SA

Architecture et paramétrage: Gramazio Kohler Research, chaire d'architecture et de fabrication numérique, EPF de Zurich

Développement du système de montage de réalité augmentée: Robotic Systems Lab, Institut de robotique et de systèmes intelligents, Zurich, et Gramazio Kohler Research, chaire d'architecture et de fabrication numérique, EPF de Zurich

Acousticien: Basler & Hofmann SA, Strauss Elektroakustik GmbH

Partenaire de réalisation: Erne AG Holzbau

Mentions légales

Modifications des adresses/responsabilités:
Newsletter@baslerhofmann.ch

Éditeur: Basler & Hofmann SA, www.baslerhofmann.ch
Rédaction: Dorothee Braun **Création:** Caroline Aebi

Photos: Stefan Kubli
Tirage: 500