Zeitschrift: Tracés : bulletin technique de la Suisse romande
Herausgeber: Société suisse des ingénieurs et des architectes
Band: 134 (2008)
Heft: 02: Supermaçon

Artikel: Le mur programmé
Autor: Bonwetsch, Tobias
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-99652

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

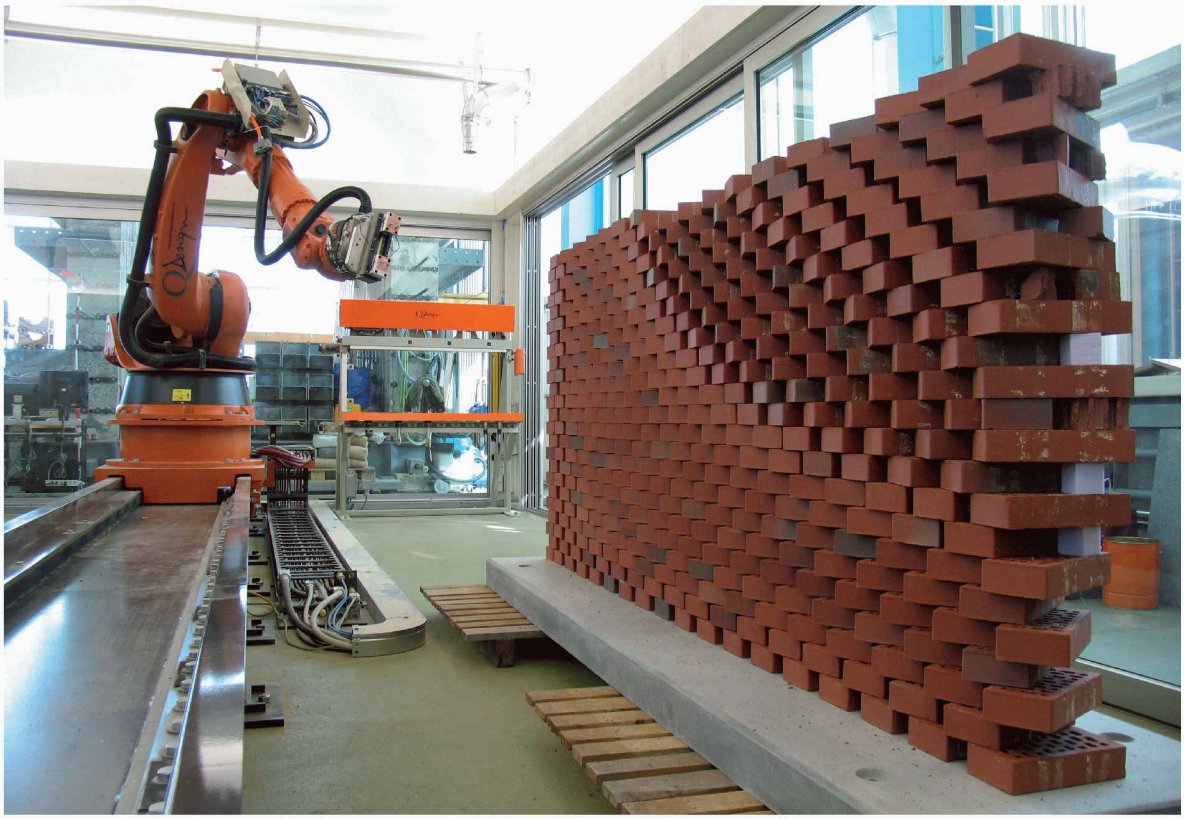
Tobias Bonwetsch
Propos recueillis par Sandra Rihs

Le mur **programmé**

ROBOTIQUE

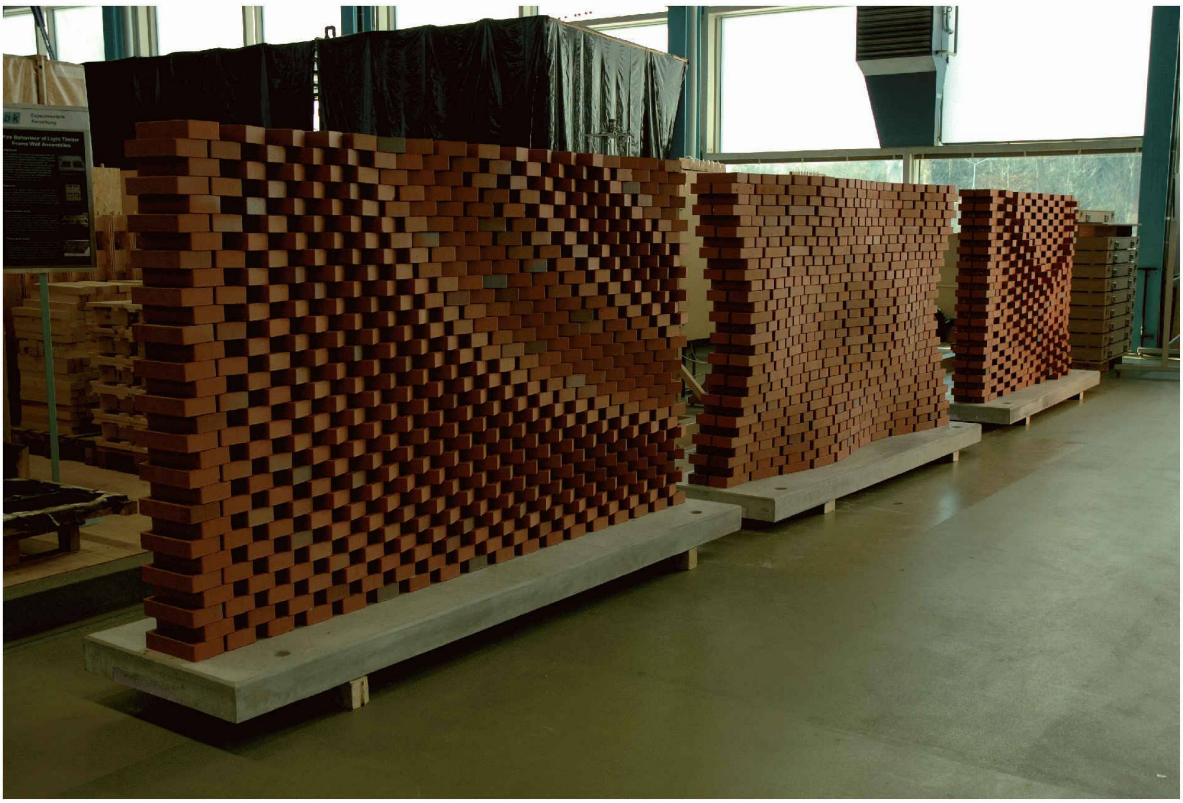
A l'EPF de Zurich, les professeurs assistants en architecture et fabrication numérique Fabio Gramazio et Matthias Kohler utilisent depuis 2005 un robot industriel pour leurs recherches et leurs travaux de semestre avec les étudiants. Au cours du semestre d'hiver 2005/2006, ils ont développé ce qu'ils appellent le « mur programmé », un mur en briques construit par un robot d'après une conception avec un logiciel. Grâce à une collaboration avec les architectes Bearth & Deplazes, l'élément a pu servir pour la réalisation du domaine viticole *Gantenbein* à Fläsch (GR).

Pour la vinification, il faut une lumière tamisée et des températures constantes. Le mur développé à l'EPFZ permet de remplir ces conditions, avec un élément ornemental en plus : la rotation et les espaces entre les briques composent un relief en forme de grains de raisin surdimensionnés. Chaque brique est tournée, puis posée selon certaines règles mathématiques, avec des angles et des écartements divers. Le robot, contrairement au maçon, peut poser les briques selon n'importe quel angle, avec une précision inégalée. L'architecte Tobias Bonwetsch, assistant à la chaire Gramazio et Kohler et chef de projet pour le domaine *Gantenbein*, répond à nos questions.



1

Fig. 1 : Production d'un mur en briques
Fig. 2 : Trois murs programmés par les étudiants



2

Sandra Rihs : La chaire d'architecture et de fabrication digitale de l'EPFZ travaille depuis 2005 avec un robot industriel. Quelle est la raison de ce choix ?

Tobias Bonwetsch : Lors de la sélection de la machine, notre choix s'est vite porté sur le robot industriel (fig. 1), en raison de son statut de machine universelle. Les outils tenus dans la « main » du robot sont interchangeables. Le robot lui-même n'est qu'un bras qui peut effectuer des opérations très différentes en fonction de ce qu'il tient. Il est robuste, fiable, fabriqué en série et relativement bon marché. Il provient de l'industrie automobile. Notre idée était aussi de passer d'une maquette, résultat final d'un travail de semestre, à un prototype à l'échelle 1 : 1 (fig. 2). Le robot a une portée de trois mètres et il est monté sur un axe linéaire, ce qui lui permet de travailler des éléments de 3 x 3 x 8 mètres.

De manière générale, notre chaire étudie quels changements s'opèrent aujourd'hui dans les conditions de production en architecture, suite au recours de plus en plus massif à des techniques de fabrication digitales. La possibilité de faire fabriquer des éléments de construction conçus à l'ordinateur élargit non seulement la palette des possibilités constructives, mais inaugure si l'on veut une nouvelle esthétique et une expression architecturale propre – grâce à l'intégration de la logique du matériau et de la logique de fabrication dans le processus du projet. Par conséquent, il nous importe d'enseigner la conception de logiques du projet et des processus.

S. R. : Quels sont les avantages et les désavantages de l'utilisation d'un robot par rapport à une simple machine ?

T. B. : En comparaison avec une fraise par exemple, le robot est capable d'exécuter des opérations diverses sur un même objet – c'est son plus grand avantage. Côté désavantages, je parlerais plutôt de restrictions. Mais comme tous les processus de fabrication ont des restrictions qui peuvent aussi bien être considérées comme un potentiel, il m'est difficile de citer de réels désavantages.

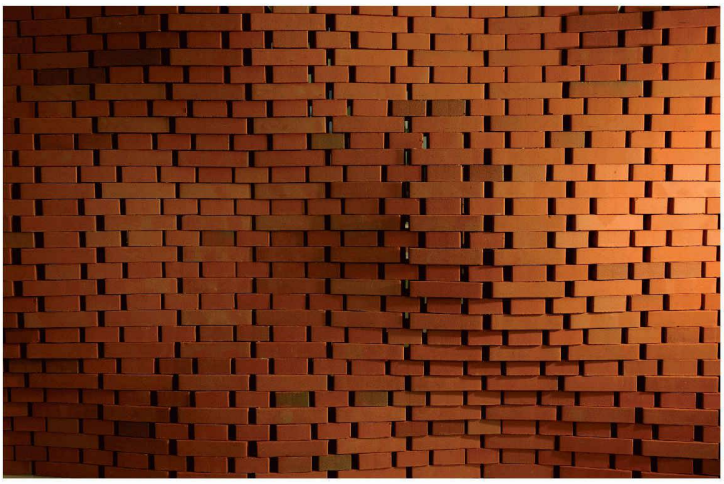
S. R. : Comment l'utilisation du robot influe-t-elle la conception de projets ?

T. B. : Le but du robot n'est pas d'automatiser le processus de construction, mais de tirer le meilleur potentiel de la machine. Pour les murs en briques réalisés par les étudiants par exemple (fig. 3 à 7), chaque pièce est tournée sur son axe puis posée selon un angle différent, calculé par ordinateur,

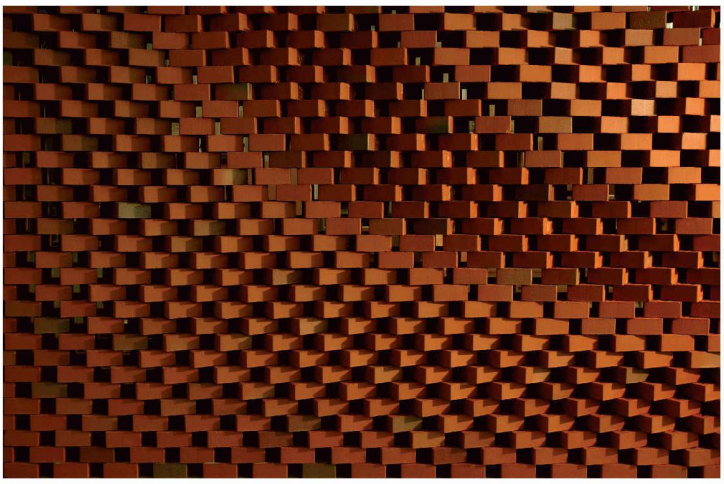
Fig. 3 : Détail d'un mur avec bosses

Fig. 4 : Rotation des briques selon un algorithme autour de leur axe centrale

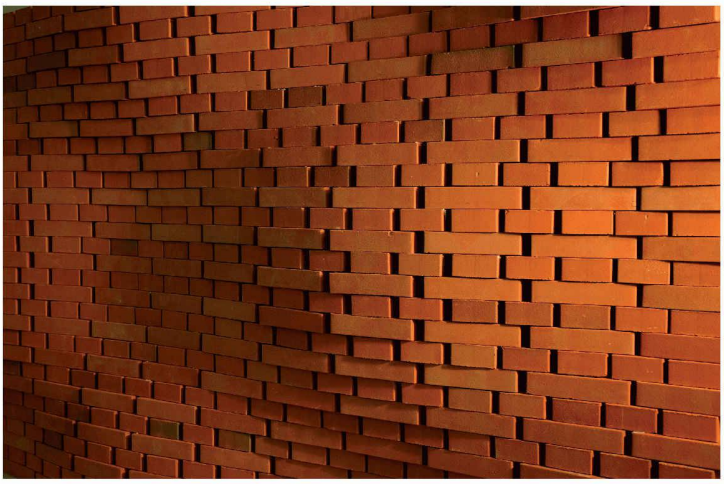
Fig. 5 : Détail d'un mur programmé



3



4



5

ce qui n'est pas réalisable manuellement. Cela signifie que l'architecte requiert de nouveaux outils qui lui permettent de traiter les données. Les étudiants ont la possibilité de projeter leurs murs à l'aide d'un logiciel qui transmet au robot les informations pour la pose (fig. 8). La programmation constitue un outil supplémentaire pour la conception.

S. R. : Les étudiants en architecture apprennent à programmer ?

T. B. : Nous l'enseignons en partie, jusqu'à un certain degré de complexité. Il nous importe que les étudiants en comprennent la logique, et qu'ils soient conscients que la programmation constitue un outil supplémentaire dans l'élaboration d'un projet. S'il s'agit de programmations plus complexes, nous en fournissons les éléments pour que les étudiants puissent y avoir recours.

S. R. : Quelles sont les limites du robot, mis à part l'axe linéaire de 8 mètres et la portée de 3 mètres ?

T. B. : Il nous manque actuellement toute la technologie sensorielle. Autrement dit, le robot est « bête », il ne « sait » pas où il a posé une brique. Ceci est dû au fait qu'il dispose uniquement de données programmées, qui ne correspondent pas forcément à la réalité physique. Reproduire chez un robot tous les mécanismes qui permettent à l'être humain de réagir à des imprécisions est rapidement complexe et très coûteux. Par exemple, nous devons réfléchir à des stratégies pour anticiper les tolérances. Pendant la pose des briques, du fait de leurs irrégularités, le mur réel a une hauteur différente du mur digital « idéalisé » qui a servi de modèle. Le robot n'arrive alors plus à juger de la hauteur réelle du mur. Ce problème pourrait assez facilement être résolu avec des senseurs laser, mais cela complexifie le tout.

S. R. : Quels résultats espérez-vous obtenir ?

T. B.: Les ateliers d'architecture et d'enseignement des matériaux font partie de la formation d'un architecte, nous sommes donc de l'avis qu'il est avantageux de réunir les deux domaines au sein d'une chaire de fabrication digitale. Le potentiel de tels procédés ne peut être maximisé que si les architectes apprennent à utiliser les outils suffisamment tôt. C'est dans ce but que nous sommes à la recherche de nouvelles méthodes et les introduisons dans la formation des architectes.

S. R. : Quels matériaux pensez-vous utiliser à l'avenir ?

T. B.: Nous sommes intéressés avant tout par des processus additifs pour la fabrication d'éléments de construction

Fig. 6 : Décalage des briques pour donner l'effet de pixels
Fig. 7 : Coupes et façades d'un mur programmé
Fig. 8 : Briques assemblées à la colle à la place du mortier

standardisés. Si l'on simplifie, la fabrication additive est une sorte d'impression tridimensionnelle. Nous imaginons que l'on pourra construire un mur selon la structure classique – une couche extérieure, une couche d'isolation, un élément porteur et une finition intérieure – au moyen d'un élément composé d'un seul matériau. Les différentes densités de ce dernier permettraient de satisfaire aux différentes fonctions. Actuellement, nous menons des expériences dans ce sens avec de la mousse en polyuréthane. Notre but est de développer des critères pour l'utilisation architecturale de nouveaux procédés de construction, issus de la fabrication digitale.

S. R. : Avez-vous d'autres projets en vue, comme le domaine viticole Gantenbein *à Fläsch réalisé en collaboration avec les architectes Bearth & Deplazes (fig. 9 à 15) ?*

T. B. : Si nous avons à nouveau la possibilité, comme avec Bearth et Deplazes, de tester nos idées sur un bâtiment réel, nous le ferons volontiers. Des projets en phase de planification existent, mais il n'y a rien de concret pour l'instant. Nous sommes en discussion pour la réalisation d'une partie d'une cabane du Club Alpin Suisse au Mont Rose.

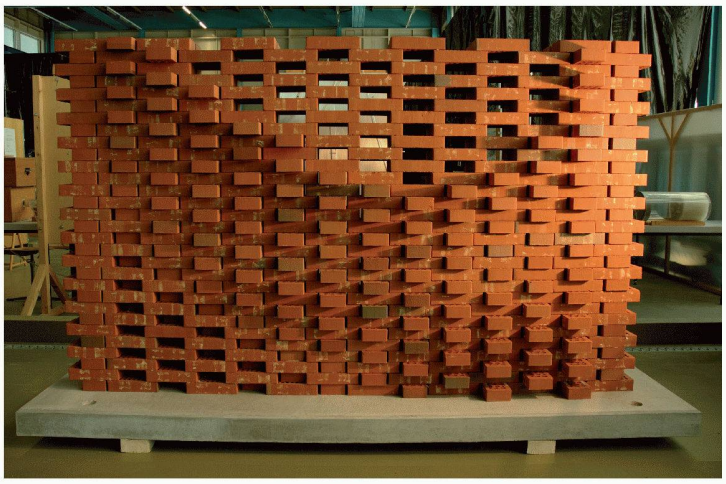
Un autre de nos projets importants est de poursuivre les recherches avec notre partenaire industriel *Keller Tuileries SA*, avec lequel nous avons construit le domaine *Gantenbein*. Avec notre soutien, l'entreprise est en train de monter une installation qui pourra offrir les mêmes éléments sur le marché. L'idée est de développer un système complet de mur isolant en briques, préfabriqué, et de le commercialiser.

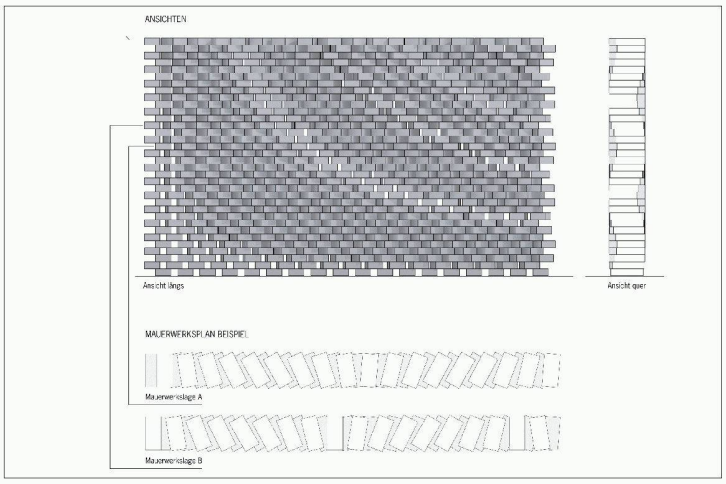
S. R. : Comment les architectes accèdent-ils aux informations nécessaires pour concevoir un tel élément ?

T. B. : Nous allons concevoir un logiciel qui permette au client de concevoir son mur à travers Internet. Le maître d'ouvrage pourra définir les dimensions et choisir parmi les différentes variantes proposées par le logiciel. Ce dernier fournit ensuite les instructions de pose au robot.

S. R. : L'utilisation d'un robot influe-t-elle sur la durabilité de la construction ?

T. B. : Je pense que oui. L'automatisation par exemple garantit une certaine qualité et donc moins de dommages, ainsi qu'une meilleure utilisation des ressources grâce à des procédés de fabrication optimisés. Lorsqu'on a recours à la fabrication digitale, il faut prévoir le moindre détail, dont l'utilisation et donc la quantité de matériaux. Dans le cas d'une construction traditionnelle, on procède plus volontiers à des adaptations en cours de route.


6



7

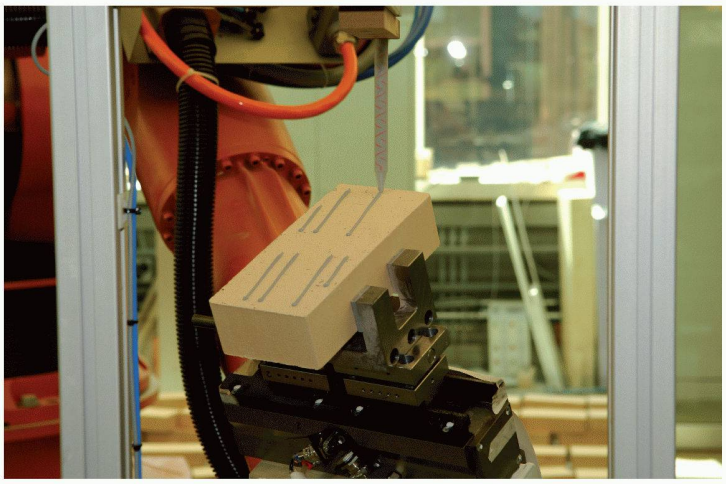

8

Fig. 9 : Séquence de remplissage digitale du volume du bâtiment

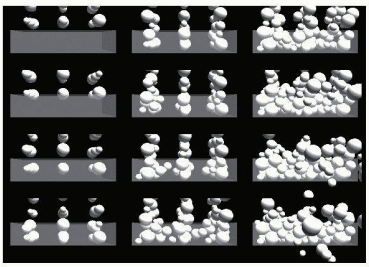
Fig. 10 : Rendering de la façade du domaine Gantenbein *à Fläsch*

Fig. 11 : Dessin des briques

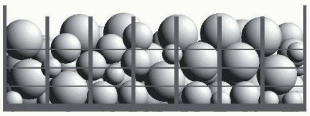
Fig. 12 : Eléments de mur arrivant au chantier

Fig. 13 : Domaine viticole Gantenbein *à Fläsch aux Grisons*
(Documents Gramazio et Kohler, Architecture et fabrication numérique, ETHZ)

Fig. 14 et 15 : Le motif de façade simulant des grains de raisin et ambiance intérieure
(Photos Ralph Feiner, Coire)



9

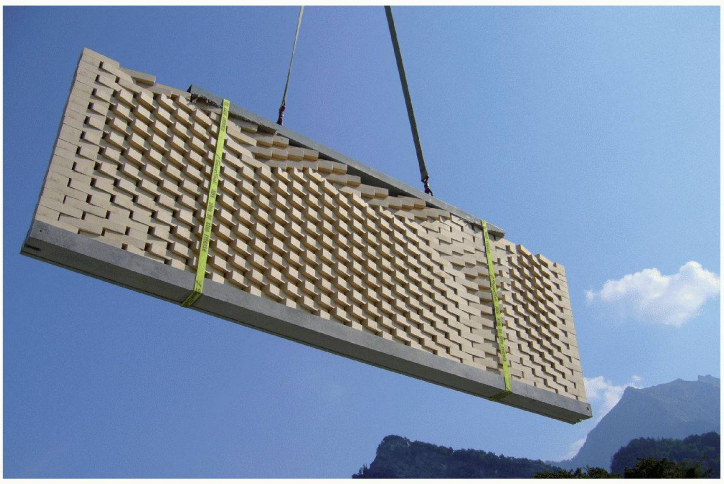


10

11

S. R. : Qu'en est-il de l'efficience du robot en termes de temps, de coût et de main-d'œuvre ?

T. B. : Le calcul du temps est très difficile : avec l'automatisation, nous avons créé un processus qui n'est pas comparable au travail manuel. Quand on regarde le domaine viticole *Gantenbein*, il aurait été impossible de le construire avec des méthodes classiques. Question budget, nous avons calculé grossièrement le coût du mur et l'avons comparé à un mur traditionnel et sans relief : le prix est le même. Cependant, il faut ajouter que notre processus n'est pas encore optimisé et qu'il va sans doute évoluer lors du transfert de la fabrication chez *Keller Tuileries SA*.



12

S. R. : Votre robot est installé dans une halle. Peut-on imaginer qu'il travaille sur un chantier ?

T. B. : Nous pouvons tout à fait imaginer un tel scénario et c'est précisément ce que nous planifions pour la prochaine étape avec l'entreprise. L'idée est de développer une installation mobile qui permettrait de faire fonctionner le robot sur le chantier. La question est de savoir si l'on peut facilement résoudre ces problèmes ou si cela sera trop onéreux. Nous arriverons peut-être à la conclusion que la préfabrication reste la meilleure variante.

S. R. : En Suisse, un jour, les bâtiments seront-ils construits avec des robots ?

T. B. : C'est une question difficile. Bien sûr, il existe actuellement une compétition entre chercheurs au niveau international pour la réalisation de la première maison entièrement construite par des robots. Mais est-ce que cela a véritablement un sens ? Personnellement, je pense que l'on construira uniquement avec des robots lorsque la main d'œuvre fera défaut…

Plus sérieusement, je ne pense pas qu'un jour la construction sera entièrement automatisée. Il y aura toujours des tâches qui seront plus facilement et mieux effectuées à la main qu'à l'aide d'un robot et vice-versa. Il faut avoir recours aux deux. Mais qui sait, peut-être que les faits me contrediront dans trente ans ?

13

Tobias Bonwetsch, architecte TU, MAS CAAD ETH
ETHZ, Architecture et fabrication numérique
HIL F 56.1
Wolfgang-Pauli-Str. 15, CH – 8093 Zurich

Propos recueillis par Sandra Rihs

14

15