



**HAL**  
open science

# Treillis spatiaux en extrusion robotisée de matériaux cimentaires

Romain Duballet, Olivier Baverel, Justin Dirrenberger

► **To cite this version:**

Romain Duballet, Olivier Baverel, Justin Dirrenberger. Treillis spatiaux en extrusion robotisée de matériaux cimentaires. DiXite3dPrint : Fabrication Additive pour la Construction. Quelle Actualité Nationale?, École des Ponts ParisTech, Jan 2019, Champs-sur-Marne, France. hal-02119339

**HAL Id: hal-02119339**

**<https://enpc.hal.science/hal-02119339>**

Submitted on 3 May 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Treillis spatiaux en extrusion robotisée de matériaux cimentaires

### *Space truss with cementitious material extrusion*

**Romain Duballet<sup>1,3</sup>, Olivier Baverel<sup>1</sup>, Justin Dirrenberger<sup>2,3</sup>**

1 : Laboratoire NAVIER, UMR 8205,  
Ecole des Ponts, IFSTTAR, CNRS, UPE  
6-8 Avenue Blaise Pascal, 77455, Champs-sur-Marne, France  
romain.duballet@gmail.com

2 : Laboratoire PIMM,  
Arts et Métiers-ParisTech, Ensam, CNRS, Cnam,  
151 bd de l'Hôpital, 75013 Paris, France

3 : XtreeE,  
Le Manille, 18-20, rue du Jura, CP 40502, 94623 Rungis, France

Le travail présenté ici traite d'un système constructif en extrusion robotisée de matériaux cimentaires. L'extrusion est réalisée selon le procédé décrit par [1], qui consiste en le pompage d'un micro mortier autoplaçant et son extrusion par adjuvantation en tête. Le matériau est fourni par Lafarge Holcim, le logiciel de contrôle robot est Hal Robotics et l'outil d'impression développé par XtreeE. Concernant les systèmes constructifs atteignables par de tels procédés, une classification a été proposée [2]. Elle consiste en l'identification des paramètres intrinsèques et critiques au problème, ainsi qu'une cartographie des approches envisageables.

Un système particulier a été développé, il consiste en une nouvelle méthode de mise en oeuvre du mortier extrudé par l'assemblage automatisé de supports pour l'impression (fig. 1). Cette démarche permet la fabrication de structures complexes en treillis de grande efficacité structurelle. Elle mêle fabrication robotique de géométries complexes en polystyrène par découpe au fil chaud, et extrusion de mortier. Une application directe en sont les parois structurelles et isolantes thermiquement.

Le principe géométrique est celui d'un pavage de l'espace, dont les arêtes forment le treillis spatial. Les polyèdres de ce pavage sont fabriqués en matériau isolant, ici en polystyrène découpé au fil chaud. Les arêtes de ces polyèdres sont évidées afin que leur assemblage puisse accueillir le mortier en négatif (fig. 2). Une fois les blocs isolants fabriqués, ils sont progressivement assemblés et du mortier est imprimé entre eux. On retrouve un principe de maçonnerie en parpaing, mais seul le mortier est structurel, et les parpaings sont isolant. La complexité géométrique garantit la faisabilité et les performances finales.

Dans la perspective de fabrication de parois structurelles isolantes, ce système peut être envisagé en maçonnerie chaînée. La paroi est non renforcée, maintenue dans un cadre en béton armé. Les performances mécaniques et thermiques d'un tel mur sont comparables aux approches contemporaines du béton cellulaire et du prémur, mais il offre en outre une grande réduction de matière (tab. 1).

D'un point de vue rhéologique, la demande en seuil de cisaillement pour l'extrudat est légèrement inférieure au cas de l'impression couche à couche sans support, facilitant ainsi l'homogénéité du matériau durci [3]. Un mortier imprimé est cependant crucial, parce qu'un coulage occasionnerait une pression hydrostatique sur les blocs et rendrait impossible une

---

approche aussi légère pour le coffrage, autant qu'elle limiterait la hauteur atteignable par les parois.

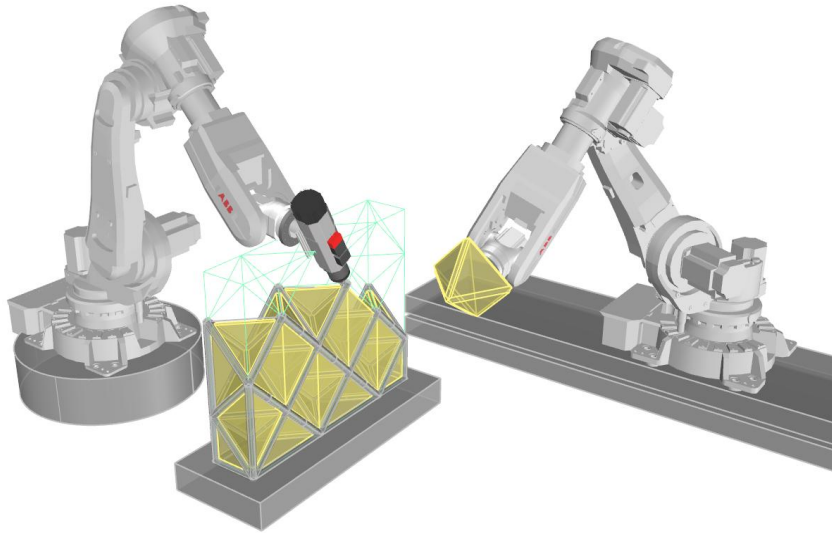


Fig. 1. Principe de fabrication

Système de mur	Epaisseur totale cm	Poids kg.m <sup>-2</sup>	U-value W/m <sup>2</sup> .K
Parpaing	40	180	0,1
Béton cellulaire	56	150	0,09
Prémur	42	220	0,15
<b>Treillis imprimé</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>0,09</b>

Tab. 1. Performances comparées

## Références

- [1] C. Gosselin, R. Duballet, P. Roux, N. Gaudillière, J. Dirrenberger, P. Morel, “Large-scale 3D printing of ultra-high performance concrete – a new processing route for architects and builders”, *Materials & Design* 100, 102–109, 2016.
- [2] R. Duballet, O. Baverel, J. Dirrenberger, “A proposed classification for building systems based on concrete 3D printing”, *Automation in Construction*, vol. 83, pp. 247-258, 2017.
- [11] N. Roussel, “Rheological requirements for printable concretes”, *Cement and Concrete Research* 112, 76-85, 2018