



HAL
open science

Le projet Matrice: Conception et Prototypage

Antonella Mastrorilli, Mohammad Mansouri

► **To cite this version:**

Antonella Mastrorilli, Mohammad Mansouri. Le projet Matrice: Conception et Prototypage. DiX-ite3dPrint: Fabrication Additive pour la Construction. Quelle Actualité Nationale?, École des Ponts ParisTech, Jan 2019, Champs-sur-Marne, France. hal-02119358

HAL Id: hal-02119358

<https://enpc.hal.science/hal-02119358>

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.

Le projet Matrice : Conception et Prototypage

Matrice Projet, Prototyping and Design

Antonella Mastrorilli¹, Mohammad Mansouri²

1 : LACTH
ENSAPL, Université de Lille
2 Rue Verte, F-59650 Villeneuve-d'Ascq
e-mail : anmastro@gmail.com

2 : GSA
ENSAPM
14 Rue Bonaparte, 75006 Paris
e-mail : smb.mansouri@gmail.com

Avec le soutien des fonds FEDER et de la Région Hauts-de-France, huit écoles et universités ont pu mener des recherches et des expérimentations autour de la fabrication additive à grande échelle¹. Le projet MATRICE (<http://www.matrice-impression3d.fr/projet/>), que nous souhaitons présenter dans cette intervention, a ainsi été le résultat d'une collaboration étroite entre différents domaines de recherche : science des matériaux, robotique, visualisation numérique, conception architecturale et ingénierie. Ces compétences différentes et complémentaires autour du tournant numérique, ont constitué une formidable opportunité d'échanges entre chercheurs et entre chercheurs et étudiants. Dans le cadre de ce projet, des chercheurs du domaine Matérialité du *LACTH*, laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture et de Paysage de Lille, a piloté le WP1 Conception et Prototypage². Les études ont porté, en particulier, sur l'identification et la définition des cadres morphologiques les plus adaptés à être imprimés par le robot.

Dans une deuxième phase, plus opérationnelle, nous nous sommes focalisés sur l'étude et la conception de surfaces funiculaires pour la réalisation de prototypes à moyenne et grande échelle en vue de la réalisation d'un pavillon final. Ces surfaces, largement utilisées en architecture, traduisent, dans la logique expérimentale d'Antoni Gaudi, la condition naturelle d'équilibre d'un système tendu qui, une fois renversé, travaillerait en simple compression. Nous avons ainsi étudié la génération de "murs complexes" funiculaires ayant l'intrados toujours différent de l'extrados et une structure interne de raccord. Cette morphologie s'est montrée la plus performante et la plus adaptée, pour cette phase de la recherche, aussi par rapport à la génération du parcours d'impression. Parallèlement nous nous sommes focalisés sur la mise en place d'un code paramétrique permettant de contrôler la géométrie des surfaces, l'optimisation géométrique et structurelle ainsi que la génération du parcours du robot. Ce travail algorithmique mené à l'aide des logiciels *Rhinoceros* et *Grasshopper* a permis d'intervenir aussi sur d'autres paramètres tels que la pente maximale en fonction de la hauteur de la pièce, la densité de remplissage en termes de contreventement, l'épaisseur du cordon imprimé en fonction du rapport entre le débit de la pompe mais aussi tout ce qui concerne les réglages du bras robotisé (parcours exact, vitesse, etc.). Cette phase, conduite de façon synchrone avec les tests d'impression, a permis de mettre à jour le processus de génération de la forme suite à un changement imposé.

¹ IMT Lille-Douai, LACTH-ENSAPL, CRIStAL Polytech-Lille, LGCgE Université d'Artois, Ecole Centrale de Lille LML, INRIA, HEI, Université de Lille, Sciences et Technologies (Cf. <http://www.matrice-impression3d.fr/>).

² Quatre chercheurs ont travaillé à ce projet au sein du LACTH : Antonella MASTRORILLI (responsable scientifique), Ahmed ELSHAFEI, Mohamad MANSOURI, Francesco PANTALONE.

La conception et l'impression de chaque pièce, imprimée avec le robot manipulateur du Laboratoire CRIStAL (Polytech-Lille), nous a permis ainsi de traiter des questions relatives à leur comportement mécanique et à leur optimisation topologique, ce qui fut l'objet de la dernière phase de la recherche.

Comme toutes les innovations, la fabrication additive génère aussi des contradictions et fait naître dans un établissement d'enseignement supérieur qui forme des architectes un panel d'interrogations importantes qui touchent le processus de conception du projet comme celui de sa construction. Dans le cadre du projet MATRICE nous a ainsi été confrontés à certaines questions très actuelles au regard de la formation de l'architecte et des impacts sociaux et sociétaux de ce nouveau procédé. Même si, à l'heure actuelle, il est encore difficile de préfigurer exactement comment et à quelle vitesse les techniques d'impression et de construction additive pourraient se développer et apporter de nouvelles solutions à l'architecture, l'expérience conduite par l'équipe du LACTH préfigure un scénario d'ouverture vers des nouvelles compétences de l'architecte et l'ouverture du chantier à des nouveaux métiers, plutôt que l'idée d'un changement drastique et radical des modes traditionnels de fabrication.

Pavillon Matrice:

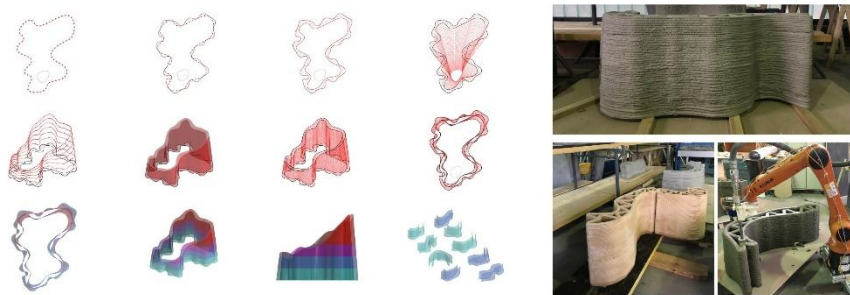


Fig. 1. Projet Matrice, épreuve de concept

Références

- [1] B. KHOSHNEVIS, et al., « Innovative rapid prototyping process makes large sized, smooth surfaced complex shapes in a wide variety of materials ». *Materials Technology* Vol. 13.2, pp 53-56, 1998.
 - [2] J. B. GARDINER, J. STEVEN. : « FreeFab ». *Robotic Fabrication in Architecture, Art and Design 2014*. Springer International Publishing, Cham, pp. 131-146, 2014.
 - [3] R. MATHUR, « 3D Printing in Architecture ». *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, Vol. 3 Issue 7, 2016
 - [4]. I. SINGH, Othman Lakhali, O. LAKHAL et al., « Hybrid approach for modeling and solving of kinematics of a compact bionic handling assistant manipulator ». *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* Vol. 21.3, pp. 1326-1335, 2016.
 - [5] P. WU, J. WANG, « A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry ». *Automation in Construction*, 68, pp. 21-31, 2016.
 - [6] N. KHALIL, et al., « Use of calcium sulfoaluminate cements for setting control of 3D-printing mortars ». *Construction and Building Materials*, Vol. 157, pp. 382-391, 2017.
-

- [7] V. DUBOIS, et al., « Performances of flax shive-based lightweight composites with rapid hardening ». *Construction and Building Materials*, Vol. 165, pp. 17-27, 2018.