

Guide de matériaux et réglages d'impression 3D pour pièces d'assemblages à échelle architecturale

Introduction

L'évolution et l'application des nouvelles technologies en architecture remettent en question nombre de méthodes existantes. Aujourd'hui, grâce aux outils de conception et fabrication numérique, la norme et le standard n'ont désormais plus guère de sens. Il est maintenant possible de concevoir des objets uniques à géométries quelconques, mais aussi de supplanter et optimiser certaines méthodes traditionnelles. Le découpage numérique de panneaux de bois et de préfabrication est un exemple, précision - rapidité - coût deviennent de plus en plus avantageux.

Parmi ces avancées en construction, des travaux ont été faits sur l'optimisation et l'adaptation des jonctions de pièces en bois (à la manière des assemblages traditionnels japonais), pour pouvoir être réalisés par ces outils numériques (fraisage CNC 3 axes ou robotique industrielle). Quelques autres travaux ont également porté sur l'assemblage de tasseaux de bois par des nœuds imprimés en 3D, dans le cas de la réalisation d'une structure Gridshell par exemple.

Le potentiel d'utilisation d'impression 3D pour la réalisation de pièces d'assemblages d'éléments en bois est particulièrement intéressant en architecture. Cela permet plusieurs avantages tels que :

- Matériaux et fonctions multiples.

Rigide, souple, soluble, mais aussi textures, couleurs.

- Gains de temps.

Pas besoin d'usiner chaque tasseau indépendamment, moins de manipulations lourdes et matériau industriel standard. Possibilité d'envois multiples et simultanés, sans arrêt de production.

- Coûts moindres.

Quasiment que du temps machine, possibilité de sous-traitance et délocalisation, pas de perte de matière.

- Recyclage

Possibilité de ré-extruder du filament avec les pièces déjà réalisées.

- Risques faibles.

Moins de personnels, pas de manipulations lourdes et d'outils dangereux.

Mais une question se pose : Quelle est la résistance de ces nœuds et leurs potentiels d'utilisation ?

En matière d'impression 3D, les informations de résistances mécaniques et durée de vie des matériaux que l'on peut trouver sont toujours les caractéristiques propres au polymère utilisé. Aucun cas d'étude n'a réellement été porté sur une pièce complète réalisée, en pleine utilisation.

Expérimentation

Après ces observations et recherches préliminaires, l'objectif serait de réaliser une série de tests sur ces matériaux usuels d'impression 3D et tirer des conclusions quant à ces valeurs de résistances et leurs applications en architecture.

La première étape sera d'isoler un nœud ou un assemblage bois bien précis (propice à l'utilisation en impression 3D, suivant les charges et efforts repris par ce type de nœud). Une première étude sera faite sur ce nœud pour repérer les différentes contraintes et ses avantages. Il servira ensuite comme base de travail pour toutes les expérimentations.

La deuxième étape sera l'analyse et le choix de la technologie, des matériaux et des réglages d'impression à tester avec ce nœud. La technologie se portera sur les imprimantes FDM

(Extrusion Polymère), principalement pour leur meilleure résistance, rapidité et leur cout faible sur les autres technologies. Les matériaux seront divisés en deux catégories, les matériaux rigides et les matériaux souples, dans le but d'avoir des pièces d'assemblages de ces deux types suivant les usages. Les réglages à tester seront le remplissage de la pièce (la densité et la forme, pattern), l'épaisseur du pourtour et des couches. Les températures et vitesses d'extrusion seront aussi étudiées, ainsi que le fait d'avoir ou non une surface d'accroche spéciale (plateau chauffant, scotch), et un refroidissement direct des pièces après extrusion ou non. Des réglages avancées seront peut être aussi tester en fonction (répartition de la matière, vitesses et températures non uniformes dans la pièce, orientation spéciale, présence de supports ou non).

La troisième étape comprendra la partie la plus importante, les tests d'application, utilisation, résistance et longévité. Les paramètres de compression, traction et flexion seront ainsi étudiés sur la pièce complète afin de voir et analyser les ruptures, déformations et allongements possibles (grâce a une presse et un dynamomètre). Puis la dégradation de la pièce dans le temps, par les UV, l'humidité, la température, mais aussi les produits chimiques (acétone, peintures, colles, solvants et autres). Et enfin les caractéristiques de tolérances et précision dimensionnelle (écarts avec le modèle 3D), les états de surfaces (plus ou moins lisses et précis), l'adhérence entre couches (si bi-matériaux ou non), et des post-traitements avancés (renforcement par résines, tissus et fibres).

N.B : En aucun cas la géométrie initiale de la pièce ne sera modifié.

Conclusion

Le but de cette recherche est donc d'obtenir un guide pour le choix de matériaux propices à la réalisation de pièces d'assemblages mécaniques échelle architecturale, en impression 3D.

L'objectif à terme serait une base de données type matériauthèque, avec cette partie sur les matériaux polymères d'impression 3D. Ce guide devra pouvoir décrire et permettre de choisir un matériau en fonction de ses caractéristiques initiales propres, mais aussi et surtout pour l'usage envisagé.

Particulièrement pour le cas de pièces mécaniques vouées à travailler en condition ambiante, intérieur ou extérieur.

Bibliographie

Assemblages Mécaniques

- A. SANCHEZ SAMANO, 2014, *Assemblages de bois appliqués à la robotique architecturale*, mémoire AMC2
- FVB-FFC, 2013, *Les assemblages bois*, éditions fvb-ffc Constructiv
- T. NOLL, H. LHUISSIER, 2004, *Assemblages en bois*, éditions Eyrolles
- W. GRAUBNER, 2003, *Assemblages du bois : l'europe et le Japon face a face*, éditions Vial
- <http://patharc.com/portfolio/asterism-series>
Pièces de jonction en impression 3D adaptables à n'importe quelle géométrie, 2015
- <http://flexiblestream.org/project/50-digital-wood-joints>
Fichiers de découpe d'assemblages bois pour usinage numérique, 2014
- <http://weburbanist.com/2014/04/22/3d-printable-connectors-make-diy-furniture-assembly-easy/>
Design de pièces de jonction paramétriques pour mobilier, 2014
- <http://69.195.124.128/~ruptcouk/2013/09/17/control/>
Design de pièces de jonction pour mobilier, 2013
- <http://www.wikihouse.cc>
Plateforme collaborative pour préfabrication d'éléments d'assemblages de maison, 2013
- <http://makezine.com/2012/04/13/cnc-panel-joinery-notebook/>
Séries de découpes d'assemblages bois pour usinage numérique ou découpe laser, 2012
- http://patharc.com/portfolio/re_stock
Pièces de jonction paramétriques pour assemblages, 2012
- <http://www.instructables.com/id/Asterism-Series/?ALLSTEPS>
Pièces de jonction paramétriques pour assemblages, 2012
- <http://gt2p.com/filter/Digital-Crafting/Suple-Series>
Design de pièces de jonction entre différentes branches, 2011

Impression 3D

- M. GRIFFIN, 2014, *Design and Modeling for 3D Printing*, éditions Maker Media
- B. LUYT, S. N. Bernier, T. Reinhard, 2014, *Impression 3D Pas à Pas*, éditions Marabout, collection "Loisirs Illustrés"
- B. M. TYMRAK, M. KREIGER, and J. M PEARCE, 2014, *Mechanical Properties of Components Fabricated with Open-Source 3-D Printers Under Realistic Environmental Conditions*, revue Materials & Design
- M. B. STOKES, 2013, *3D Printing for Architects with MakerBot*, éditions Packt Publishing
- N. UMETANI, R. SCHMIDT, 2013, *Cross-sectional Structural Analysis for 3D Printing Optimization*, revue Autodesk Research
- H. LIPSON, M. KURMAN, 2013, *Fabricated the new world of 3D printing, the promise and the peril of machine that can make (almost) anything*, éditions John Wiley & Sons
- B. PETTIS, A. KAZIUNAS, J. SHERGILL, 2013, *Imprimer en 3D avec la Makerbot*, éditions Eyrolles, collection "Serial makers"
- M. BERCHON, B. LUYT, 2013, *L'Impression 3D*, éditions Eyrolles, collection "Serial makers"
- A. KAZIUNAS, 2013, *Make: 3D Printing: The Essential Guide to 3D Printers*, éditions Maker Media
- C. ANDERSON, 2012, *Makers : La nouvelle révolution industrielle*, éditions Pearson, collection "Les temps changent"
- B. EVANS, 2012, *Practical 3D Printers: The Science and Art of 3D Printing*, éditions APress, collection "Technology in Action"
- <http://www.imprimante3dfrance.com/filaments.html>
Fournisseur consommables (ABS, Nylon, PETT, Flexibles...), Asnières-sur-Seine
- <http://www.matbase.com/material-categories/natural-and-synthetic-polymers/polymer-fibers/synthetic-fibers/material-properties-of-polyamide-fiber-nylon-fiber-pa-fiber.html#properties>
Site web répertoriant les caractéristiques de certains polymères (PLA, Nylon, PETT...)
- <http://www.3ders.org/articles/20141010-a-few-ways-to-strengthen-3d-printed-parts.html>
Article sur la résistance des pièces imprimées en 3D (Géométrie, Réglages, Post-traitements, Moulage), 2014

- <http://www.3ders.org/articles/20140228-open-source-3d-printed-parts-often-stronger-than-proprietary-versions.html>
Article sur la résistance des pièces imprimées en 3D, 2014
- <http://3dprint.com/14533/3d-print-material-test/>
Article sur des tests de résistance de certains matériaux d'impression 3D (ABS, Nylon, PLA...), 2014
- <http://makezine.com/2014/04/24/stress-testing-injected-hot-glue-for-solid-fast-cheap-3d-prints/>
Article sur des tests de résistance avec injection de colle dans les pièces imprimées en 3D, 2014
- <http://vr.sdu.edu.cn/~lulin/3DP/build-to-last.html>
Etude sur la résistance et l'optimisation de forme d'une pièce imprimée en 3D, 2014
- <http://3dprintingforbeginners.com/3d-printing-materials-bendlay-laywood-laybrick/>
Article récapitulant les différents plastiques pour imprimante 3D, 2014
- <http://www.3ders.org/articles/20131222-printing-porous-and-fibrous-3d-objects-with-new-filament-line-poro-lay.html>
<http://www.3ders.org/articles/20141006-3d-printing-a-sponge-using-layfomm-filament-flexible-viscoelastic-properties.html>
Articles sur un nouveau filament flexible et poreux (Poro-Lay), 2013 - 2014
- <http://www.theverge.com/2013/12/16/5215910/nervous-system-kinematics-3D-printing-app>
Article sur une application pour créer des formes souples articulées en impression 3D, 2013
- <http://www.3dppvd.org/wp/2013/02/soluble-support-material/>
<http://www.adafruit.com/blog/2013/10/03/makerbot-popularizes-hips-support-material-with-release-of-makerbot-dissolvable-filament-3dthursday-3dprinting/>
Articles sur un type de supports solubles en impression 3D, 2013
- <http://www.3ders.org/articles/20121031-high-strength-nylon-3d-printing-material-available-for-sale.html>
Article sur le Nylon en impression 3D, 2012
- <http://hpcg.purdue.edu/?page=publication&id=164>
Etude sur la résistance et l'optimisation de forme d'une pièce imprimée en 3D, 2012
- <http://www.tridimake.com/2012/12/3d-printing-plastic-filaments-kinds-and.html>
Article récapitulant les différents plastiques pour imprimante 3D, 2012
- <http://makezine.com/projects/make-42/fun-with-flexibles/>
Article sur la flexibilité de certains filaments pour impression 3D
- <https://learn.adafruit.com/3d-printing-with-ninjabflex?view=all>
Article sur l'impression 3D avec des filaments flexibles