

# COMPORTEMENT MÉCANIQUE DE MATÉRIAUX ARCHITECTURÉS HYBRIDES

Albertini Frédéric <sup>a</sup>, J. Dirrenberger <sup>a</sup>, C. Sollogoub <sup>a</sup>, A. Molotnikov <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Arts&Métiers/CNAM/CNRS, Paris, France. Contact : frederic.albertini@ensam.eu ;

<sup>b</sup>DMSE Monash University, Clayton, Victoria 3800 Australia

**Mots-clés :** Matériaux Architecturés, Hybrides, Lattices, Fabrication Additive (FA).

## Résumé

*Cette étude est centrée sur l'étude des propriétés mécaniques de matériaux architecturés hybrides, constitués d'une structure rigide dont les vides sont comblés par un polymère mou. Dans un premier temps, une comparaison numérique par EF a permis de choisir les structures les plus performantes à hybrider. Ces structures ont par la suite été réalisées via un procédé FA, en version structure seule et version hybride, afin de les comparer mécaniquement.*

## 1 Introduction

*Les matériaux architecturés sont une classe émergente de matériaux qui permettent de nouvelles possibilités en termes de propriétés fonctionnelles, repoussant les limites des cartes de performances des matériaux d'Ashby [1].*

*Le développement des méthodes de fabrication dites additives a permis de dynamiser leur développement, rendant possible la fabrication de pièces jusqu'alors irréalisables par les moyens de fabrication conventionnels.*

*Cependant, les moyens de FA métalliques produisent des pièces dont l'importante rugosité de surface réduit considérablement les propriétés mécaniques, notamment la tenue en fatigue.*

*C'est dans l'objectif de corriger ces défauts de surface qu'une stratégie d'hybridation par ajout de polymère dans la structure a été développée, appliqué ici à la fabrication de structures lattice.*

## 2 Hybridation de lattices

*L'hybridation consiste à associer des matériaux aux propriétés différentes. C'est une stratégie que l'on retrouve en de nombreux exemples dans la nature. Nous envisageons ici cette stratégie afin de compenser les défauts de surface d'une structure réalisé par fabrication additive.*

*L'hybridation consiste ici à combler le vide de la structure par l'ajout d'une phase molle, notre choix s'étant porté sur un polymère de type élastomère :*

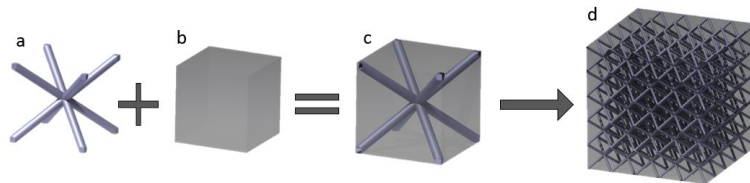


FIGURE 1 – (a) Cellule unitaire (BCC) ; (b) Phase molle (élastomère) ; (c) Cellule hybride ; (d) Structure hybride

*Les avantages attendus de l'hybridation sont les suivants : remplir les défauts de surfaces liés au procédé de FA (ex : SLM), retarder le flambage des poutres de la structure et ainsi la rupture, ajout d'un comportement dissipatif par la présence de l'élastomère.*

*Cependant, la fabrication ainsi que la simulation numérique de telle matériaux constituent un challenge.*

## 3 Choix du design structurel

*Afin de tirer au maximum partie de l'hybridation, le choix de la géométrie du lattice est prépondérante. Ainsi, pour choisir parmi les lattices existants celui qui maximisera l'effet de l'hybridation, une comparaison basée sur des simulations numériques par EF a été effectuée.*

*Les simulations sont faites sur des cellules unitaires, par l'application d'un déplacement imposé (compression) ainsi que*

*l'application de conditions aux limites périodiques (PBC).*

*La comparaison est faite entre le module d'Young et la limite d'élasticité des structures "seules" par rapport aux hybrides correspondants. Les matériaux considérés sont un alliage TA6V pour la structure, et du Polyuréthane pour la matrice.*

## 4 Comparaison expérimentales des propriétés mécaniques

*Les structures lattices et hybrides constitués des géométries sélectionnés précédemment ont alors été imprimés via une imprimante 3D Connex Objet500, en VeroWhite (photopolymère rigide, blanc) pour la structure, et TangoBlack (photopolymère souple, noir) pour la matrice. Eprouvettes : 15\*15\*15mm, 5 cellules unitaires/côté (1 cellule : 3\*3\*3mm).*

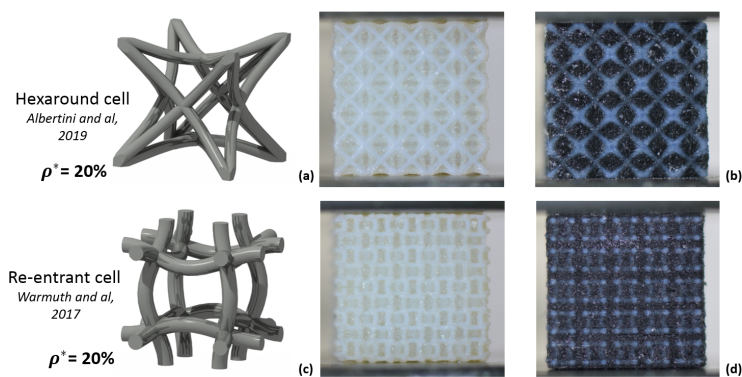


FIGURE 2 – (a) Hexaround lattice ; (b) Hexaround hybride ; (c) Re-entrant lattice ; (d) Re-entrant hybride

*Ces structures ont alors été testées mécaniquement en compression, afin de comparer leurs propriétés mécaniques :*

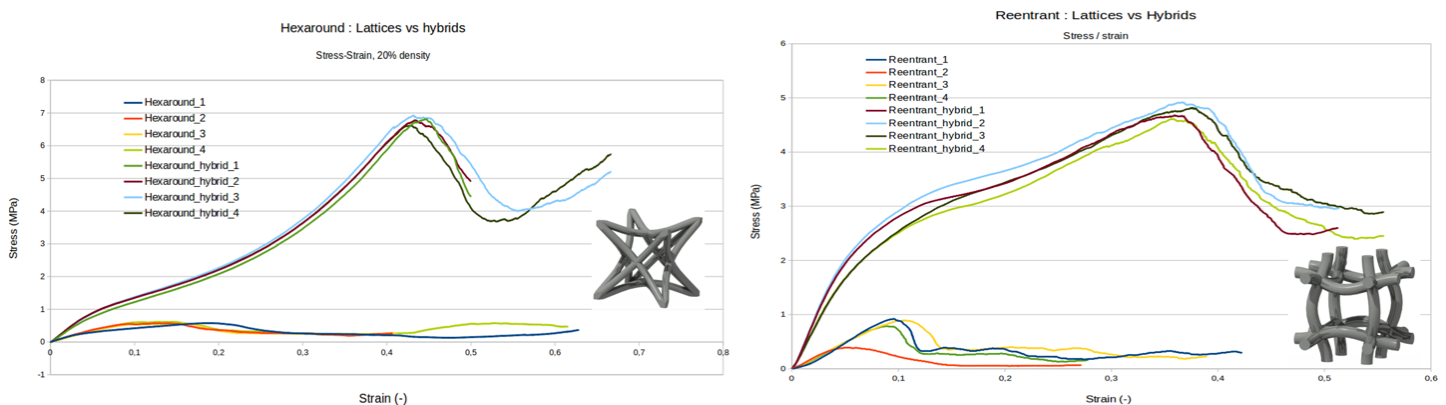


FIGURE 3 – Courbes Contrainte / déformation, hybrides comparées à la structure seule, Hexaround (droite) et Re-entrant [3] (gauche)

*Ces essais ont permis de vérifier le retardement de la rupture des structures par l'hybridation, permettant une augmentation de l'énergie dissipée comparativement à la structure seule.*

## 5 Conclusion

*Les résultats expérimentaux montrent une synergie des effets d'architecturation et d'hybridation, permettant un prolongement de la durée de vie de la structure, augmentant la dissipation d'énergie relative. L'étude expérimentale sera bientôt transposée à l'hybridation de structure fabriquée par procédé SLM.*

## Références

- [1] M.F Ashby, L.J Gibson. *Cellular solids : structure and properties* , 1999.
- [2] M.F Ashby. *Materials selection in mechanical design* Butterworth-Heinemann, Oxford, 2011.
- [3] F. Warmuth, F. Osmanlic, L. Adler, M.A Lodes, C. Korner *Fabrication and characterisation of a fully auxetic 3D lattice structure via selective electron beam melting Smart Materials and Structures*, 2017.