

# Matériaux architecturés à structure complexe: conception numérique et FA

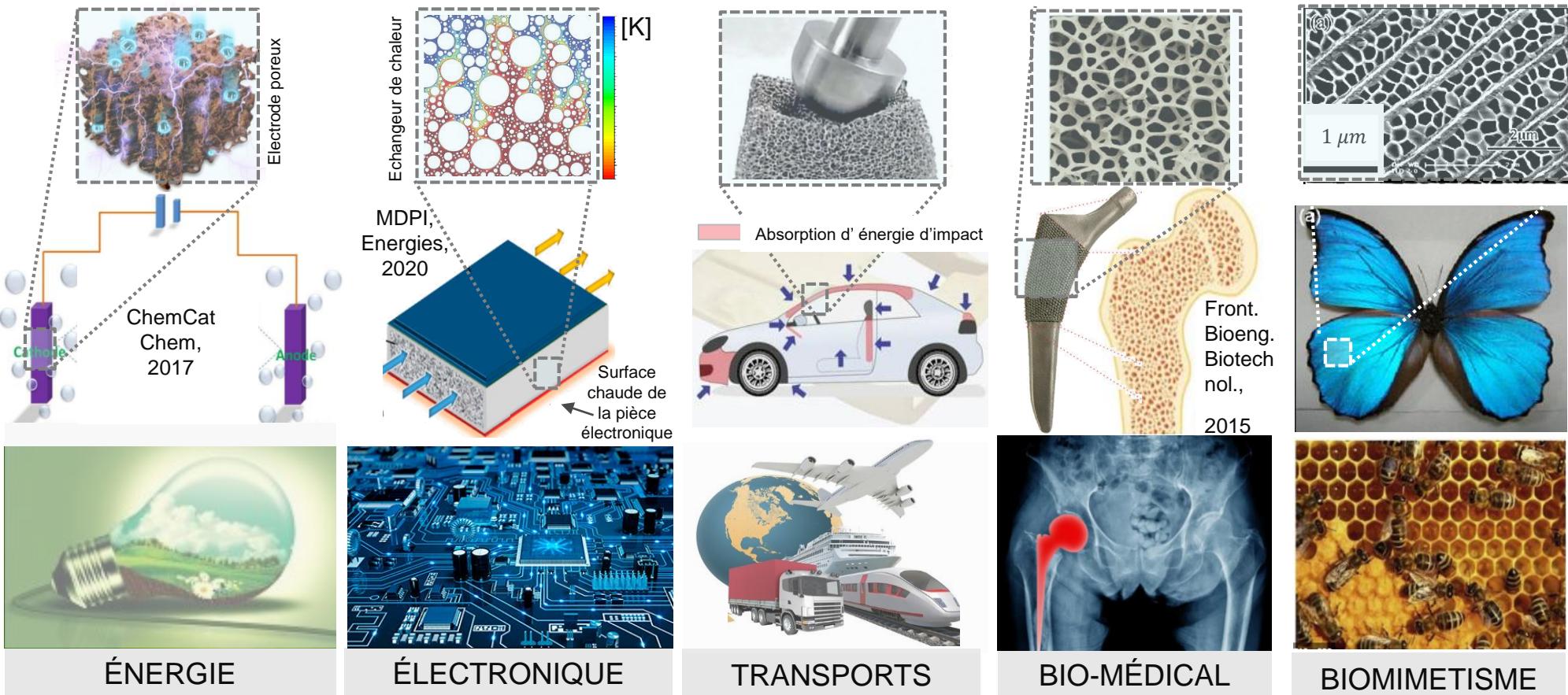
**M. Gabriella Tarantino**  
(ICMMO/SP2M/Université Paris-Saclay)

*En collaboration avec :*  
*Othmane Zerhouni, Zahra Hooshmand et Kostas Danas*  
*(LMS, Ecole Polytechnique)*

Colloque Fabrication Additive appliquée à la physique des deux infinis

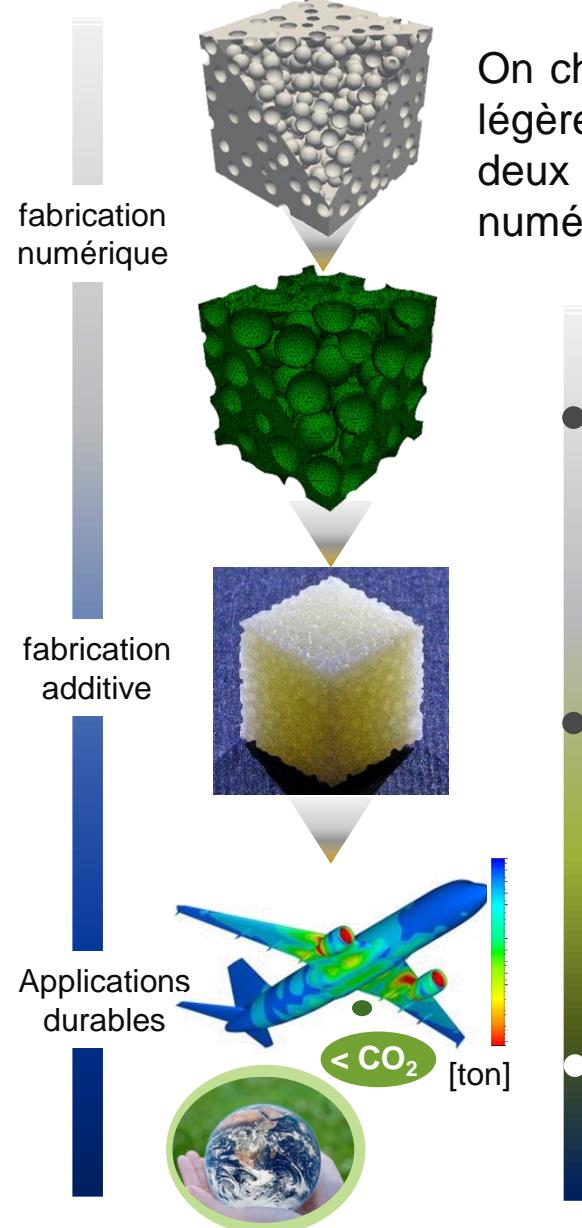
# Matériaux architecturés à porosité aléatoire : quel intérêt?

La conception de nouveaux matériaux légers (voire ultralégers) est un domaine en plein essor couvrant un champ d'applications très large, du domaine de l'énergie aux transports. Les *matériaux architecturés*, autrement appelés *méta-matériaux*, à porosité aléatoire offrent un potentiel considérable dans ce contexte.



\* Pour moi c'est une question de sémantique.

# Panorama des nos activités autour des matériaux architecturés



On cherche à concevoir des matériaux poreux à architecture aléatoire combinant légèreté et résistance mécanique. Pour y parvenir, notre démarche repose sur deux piliers: la fabrication numérique (via des techniques d'homogénéisation numérique) et la fabrication additive.

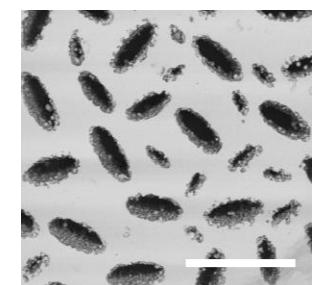
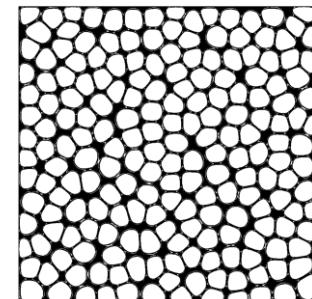
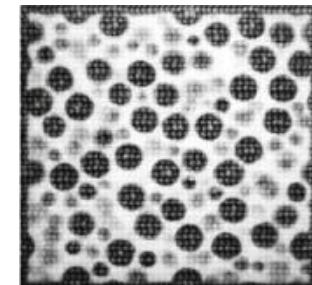
- 2016-2019. Thèse de Othmane Zerhouni (LMS, Ecole Polytechnique)  
\* ERC-StG dirigé par Kostas DANAS (LMS)



- 2020-2023. Thèse de Zahra Hooshmand Ahoor (LMS, Ecole Polytechnique)



- Dès fin 2020. Project exploratoire entre ICMMO/SP2M, LMS et CEA/DES Paris-Saclay.



# Fabrication numérique des porosités: algorithme RSA

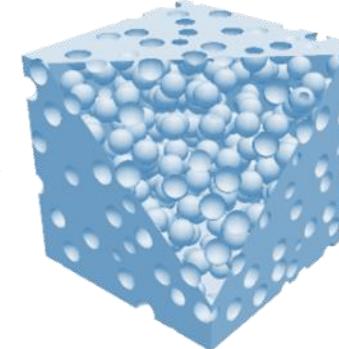
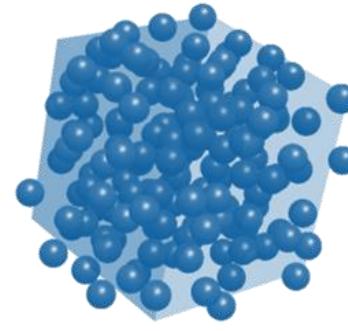
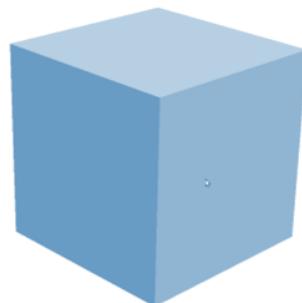
Pour générer les  $\mu$ -structures poreuses nous utilisons un algorithme d'absorption séquentielle aléatoire (RSA) permettant de remplir un volume solide avec des inclusions poreuses de taille et forme (quadratique) arbitraire. Ceux-ci sont orientées de manière aléatoire et placées dans le solide les unes après les autres tout en respectant de critères géométriques.

## Algorithme RSA : principe schématisé

Volume solide

Addition séquentielle

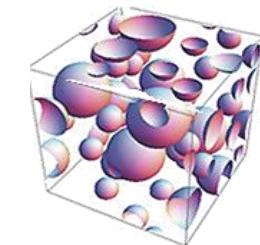
Mat. poreux



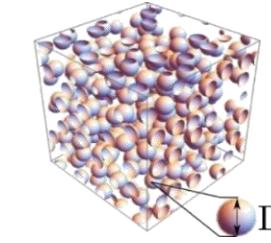
Inclusion poreuse

- ✓ *Principal avantage* : contrôle des porosités en termes de taille et de forme.

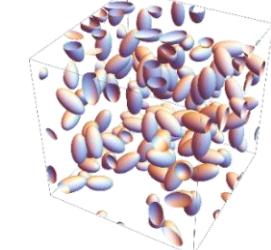
Sphères (taille aléatoire)



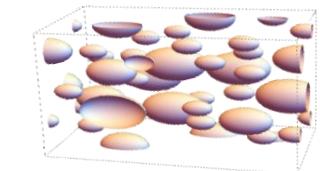
Sphères (taille homogène)



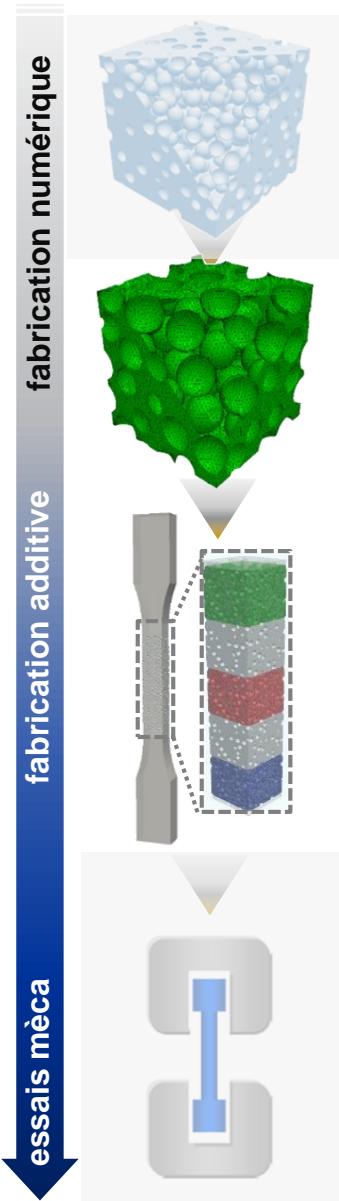
Ellipsoïdes (orientation aléatoire)



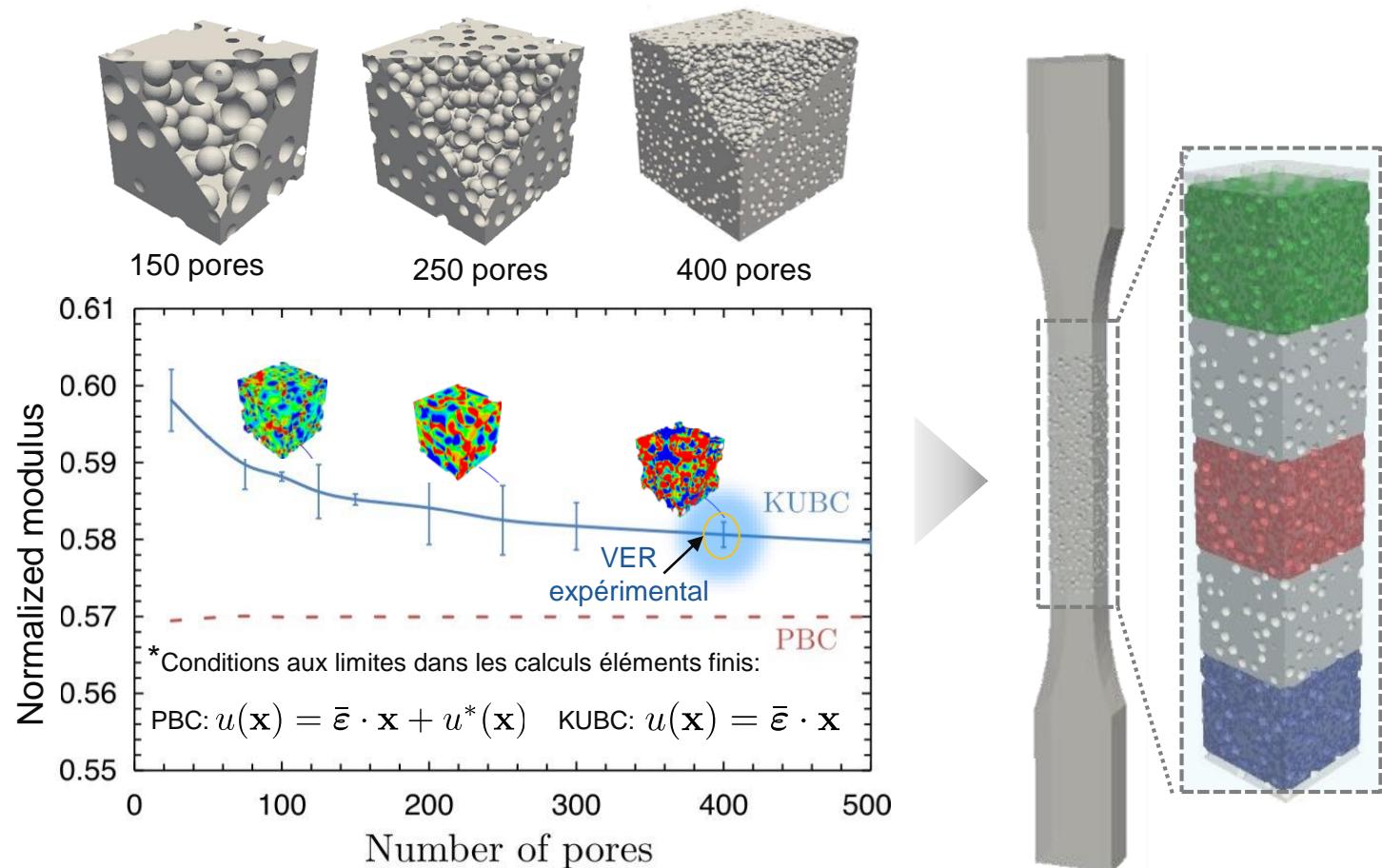
Ellipsoïdes (orientation fixe)



# De la fabrication numérique au VER expérimental: homogénéisation



Pour déterminer la taille du volume élémentaire représentatif (VER) expérimental, nous menons des simulations aux éléments finis et comparons - jusqu'à convergence - les résultats des simulations obtenues avec deux types des conditions aux limites: périodiques et mixtes.



# Matériaux poreux hétérogènes 3D-imprimés polymère



Othmane Zerhouni,

LMS

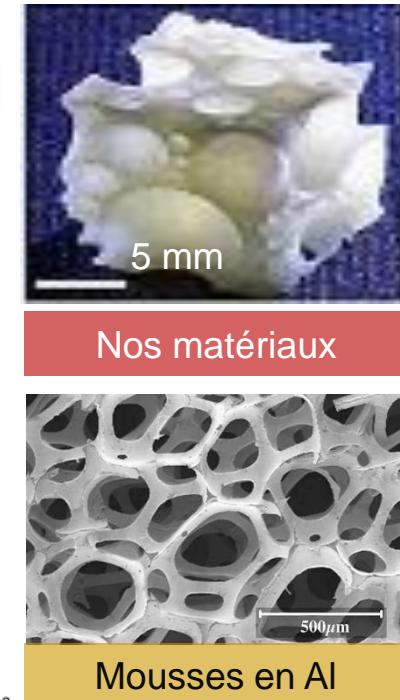
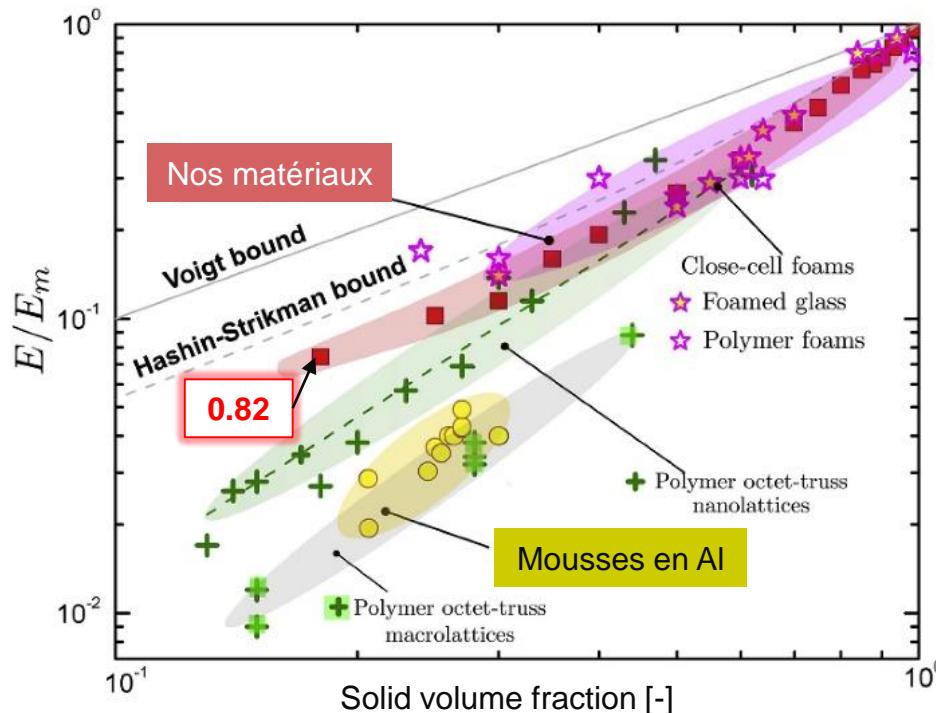


Gabriella Tarantino,  
à l'époque au LMS



Kostas Danas,LMS

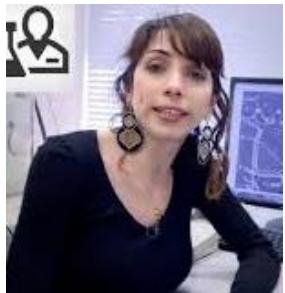
**Objectif:** Conception de matériaux poreux hétérogènes (en termes de taille de pores et de porosité) aux propriétés mécaniques élastiques optimisées à l'aide des techniques d'homogénéisation numérique et de l'impression 3D polymère.



□ MG. Tarantino, O.Zerhouni, K. Danas (2019). *Acta Materialia*, 175, 331-340.

□ O. Zerhouni, MG. Tarantino, K. Danas (2019). *Composites Part B: Engineering*, 156, 344-354.

# Matériaux architecturés métalliques avec texture contrôlée



Gabriella Tarantino,  
ICMMO/SP2M

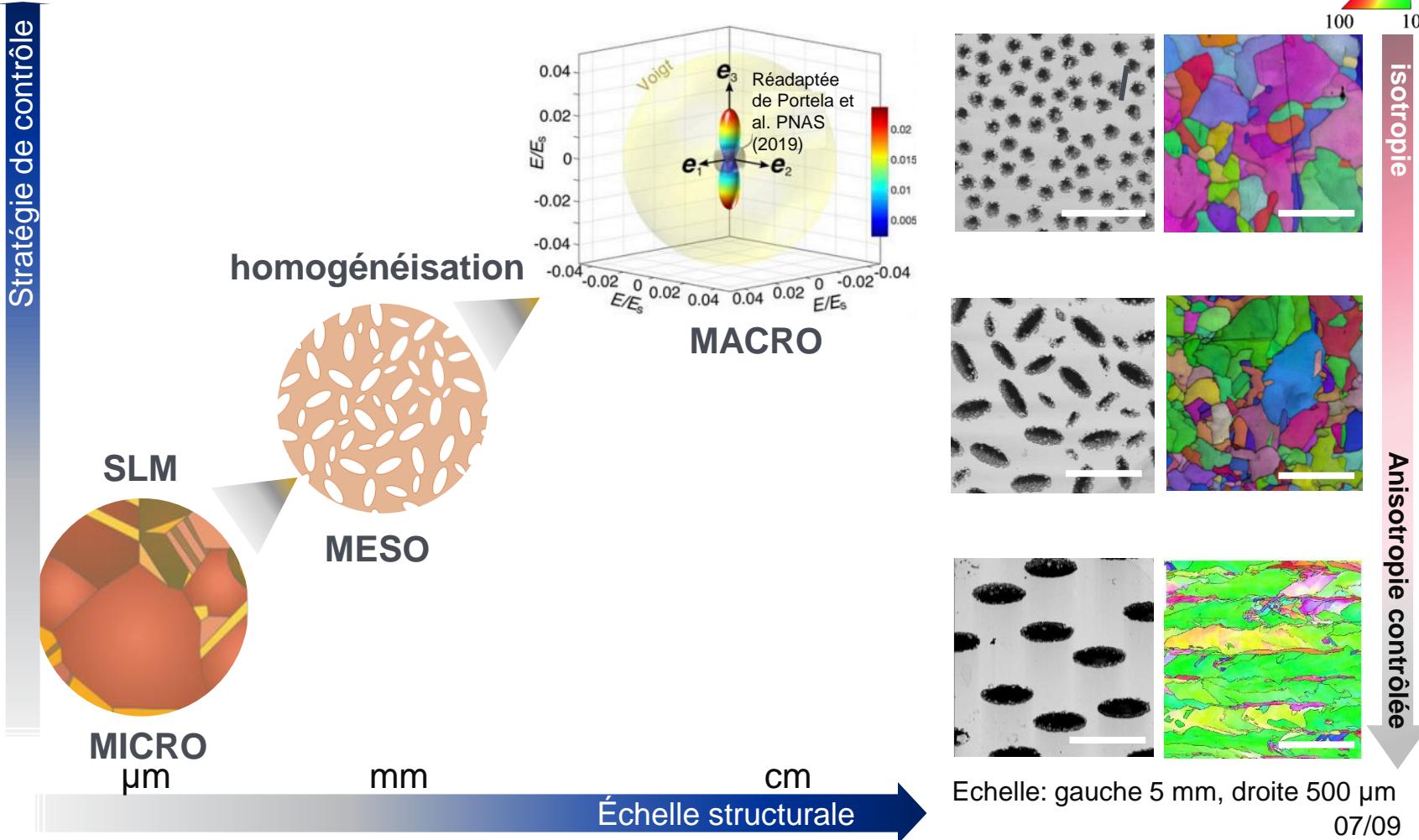


Kostas Danas, LMS



Fernando Lomello,  
LISL/CEA Saclay

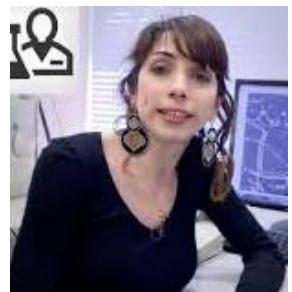
**Objectif:** concevoir des matériaux métalliques architecturés à anisotropie contrôlée. Pour y parvenir, nous cherchons à développer une stratégie multi-échelle qui combine la texture (à l'échelle microscopique) avec l'architecture du matériau (à l'échelle mesoscopique).



# Matériaux poreux hétérogènes de type Voronoi



Zahra Hooshmand  
LMS



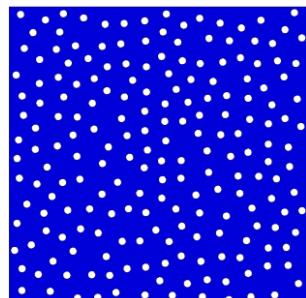
Gabriella Tarantino,  
ICMMO/SP2M



Kostas Danas,LMS

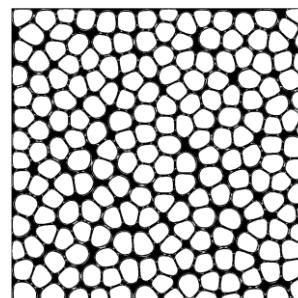
**Objectif:** Conception de matériaux poreux hétérogènes de type Voronoi à l'aide des techniques d'homogénéisation numérique et de la fabrication additive (à présent polymère). Ces matériaux s'avèrent très prometteurs pour les applications d'absorption d'énergie.

## Conception numérique\*

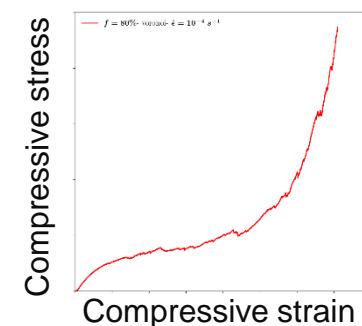


\* Par croissance des inclusions sous déformation mécanique

## Fab. additive



## Energie Absorbée



## Prochainement !

Colloque GdR Mephy (en ligne): ***From Computer Fabrication to material design, le 22 juin prochain***

<https://blog.espci.fr/mephy/2021-2/>

Exposé de Zahra Hoosmand: *Voronoi-type materials obtained by non-linear elasticity.*

# MERCI !

[gabriella.tarantino@université-paris-saclay.fr](mailto:gabriella.tarantino@université-paris-saclay.fr)