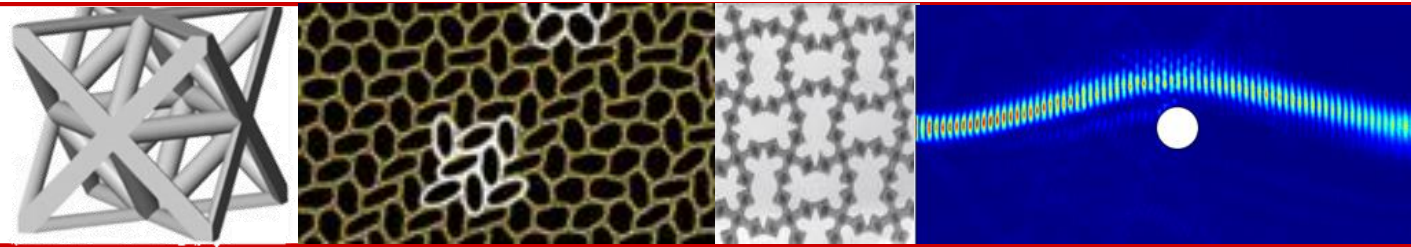


PhD opportunity: Computational design of architected materials with tailored instabilities



Abstract: Architected materials are a new class of engineering materials obtained via a design process aiming at fulfilling a given set of requirements through functionality, behavior, or performance induced by a specific morphological arrangement between multiple phases. Specifically, 2D and 3D micro-trusses represent a subset of architected materials with high potential in terms of effective properties. Such architected materials are subject to buckling instabilities as it is one of the main modes of failure, due to slender elements in their architecture, e.g. struts.

It is common engineering practice to avoid such buckling in mechanical design; nevertheless, buckling is not necessarily catastrophic, and post-buckling functionality is sometimes possible. So-called “meso-buckling” can actually be developed, e.g. for controlling functional properties of architected materials. For instance, it has been shown in the literature that post-buckling resilience of honeycombs can be enhanced by introducing hierarchy in their architecture [1].

Moreover, architected materials densifying through buckling have recently been designed [2]. Such a phenomenon, if controlled, could enable predefined alterations of behavior through the application of external loads.

The main objective of the current project is to model such peculiar behavior through an analytical and computational approach. Experimental validation will be performed in collaboration with partners from the ANR MAX-OASIS consortium. A second objective is to implement a design methodology for architected materials exploiting this type of additional mechanical behavior.

Keywords: architected materials, buckling, computational mechanics of materials & structures, finite element analysis, mechanical design.

Background of the candidate: computational mechanics, mechanical engineering, applied physics, materials science or any other relevant field.

Location: Laboratoire PIMM, Arts et Métiers, Cnam, CNRS, 151 bd de l'Hôpital, 75013 Paris, France.

Funding: 3-year contract (CNRS), with a basis salary of ~1750€ net per month.

Starting date: October 2020

Contacts:
Dr. Justin Dirrenberger
justin.dirrenberger@ensam.eu
Dr. Christelle Combescure
christelle.combescure@u-pem.fr

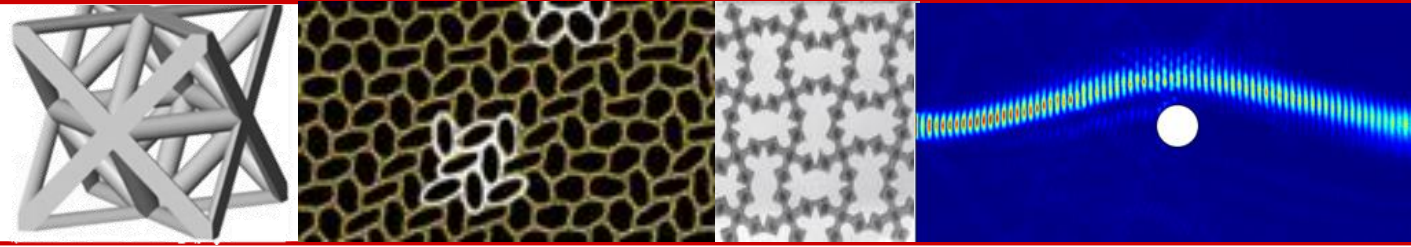


References:

- [1] Combescure, C., & Elliott, R. S. (2017). Hierarchical honeycomb material design and optimization: Beyond linearized behavior. *International Journal of Solids and Structures*, 115, 161-169.
- [2] Coulais, C., Sabbadini, A., Vink, F., & van Hecke, M. (2018). Multi-step self-guided pathways for shape-changing metamaterials. *Nature*, 561(7724), 512-515.



Offre de thèse : Conception numérique de matériaux architecturés avec instabilités contrôlées



Résumé : Les matériaux architecturés sont une classe de matériaux obtenus par un processus de conception visant à remplir un cahier des charges spécifique à travers une fonctionnalité, un comportement ou une performance, induits par un arrangement morphologique particulier entre plusieurs phases. En particulier, les micro-treillis bi- et tridimensionnels sont une sous-classe de matériaux architecturés particulièrement prometteurs en terme de propriétés effectives. Les instabilités de type flambement de la mésostructure sont un des modes de déformation prépondérants des micro-treillis.

Le flambement est souvent considéré comme un phénomène de ruine à éviter, cependant, il n'est pas nécessairement catastrophique et un comportement post-flambement stable est parfois possible. Le méso-flambement peut même être recherché, e.g. pour permettre un contrôle des propriétés fonctionnelles du matériau architecturé. Il a ainsi été montré qu'il était possible d'améliorer la résilience de nids d'abeilles post-flambement via l'introduction d'une hiérarchie dans l'architecture [1].

Par ailleurs, des matériaux qui se densifient par flambements successifs de leur architecture ont récemment été conçus [2]. Un tel phénomène, s'il est contrôlé, peut permettre d'altérer le comportement du matériau par l'application de sollicitations extérieures.

L'objectif du présent projet est de modéliser ce type de comportement particulier aux échelles micro, méso et macroscopique à l'aide d'une approche analytique et numérique. Une validation expérimentale sera menée en partenariat avec les membres du consortium ANR MAX-OASIS. A terme, il s'agira de mettre en oeuvre une méthodologie de conception de matériaux architecturés incorporant cet ingrédient de comportement supplémentaire.

Mots-clés : matériaux architecturés, flambement, mécanique numérique, éléments finis, conception.

Formation initiale : mécanique numérique, génie mécanique, physique appliquée, science et génie des matériaux, ou toute autre discipline pertinente.

Site : Laboratoire PIMM, Arts et Métiers, Cnam, CNRS, 151 bd de l'Hôpital, 75013 Paris, France.

Rémunération : CDD 3 ans (CNRS), avec un salaire de base d'environ 1750€ net par mois, possibilité de monitorat.

Date de début souhaitée : octobre 2020

Contacts :

Dr. Justin Dirrenberger
justin.dirrenberger@ensam.eu
Dr. Christelle Combescure
christelle.combescure@u-pem.fr



Références :

- [1] Combescure, C., & Elliott, R. S. (2017). Hierarchical honeycomb material design and optimization: Beyond linearized behavior. *International Journal of Solids and Structures*, 115, 161-169.
[2] Coulais, C., Sabbadini, A., Vink, F., & van Hecke, M. (2018). Multi-step self-guided pathways for shape-changing metamaterials. *Nature*, 561(7724), 512-515.