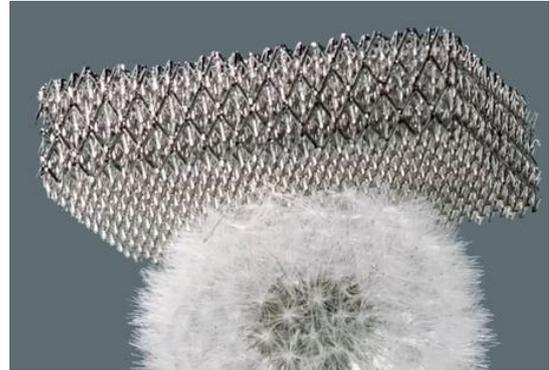


« BONES » INSPIRED METAMATERIALS: TOWARD ULTRALIGHT AND TOUGH MATERIALS

CEA Saclay –Service de Physique de l'Etat Condensé (SPEC) ([page web](#))

Laboratoire *SPHYNX* ([page web](#))

The search for materials combining lightness and mechanical strength is a booming field, pulled, in the field of transport industries for instance, by the desire to reduce CO2 emissions and develop fuel-efficient vehicles. Major progress has been made recently; In this context, metamaterials or architected materials offer considerable potential (e.g. micro-lattice invented at Caltech and produced by the HRL laboratories of Boeing).



Micro-lattice developed by the HRL Laboratories

This thesis aims to obtain a new class of materials combining ultra-lightness and good resistance to fracture by studying the fracture behavior of network-type metamaterials (microlattice) of random and hierarchical architecture, inspired by the bone structure. We will also examine how the introduction of such a random architecture has repercussions in terms of 'risks', that is, statistical fluctuations around the average failure behavior. The ultimate goal is to design rigorous rationalization tools to define one or more optima in terms of lightness, resistance-to-failure and risk (as defined above).

The study will first rely on numerical approaches (lattice models) of increasing complexity. Theoretically, the study will then rely on interface growth models; our previous research has indeed allowed us to develop this type of formalism, at the interface between solid mechanics and statistical physics, in order to take into account explicitly microstructure disorder and to predict the statistical fluctuations induced on the fracture behavior at the macroscopic scale. The approach will finally be validated by experiments conducted on metamaterials of random and hierarchical architectures fabricated by additive printing, and then fractured using an original experimental device developed in our laboratory and giving access to the fracture toughness and its statistical fluctuations..

This Ph.D. thesis takes place astride statistical physics, continuum mechanics and materials science. The candidate will have the opportunity to use, - and to familiarize himself with -, both the theoretical and experimental techniques developed in these three fields. This PhD topic, combining both fundamental aspects and potential industrial applications, will permit the candidate to find job openings either in the academic field or in industry.

Host laboratory: Service de Physique de l'Etat Condensé (SPEC) at CEA Saclay (Centre de l'Orme des Merisiers) located 25 km South of Paris, France. This research project will be led in collaboration with the EISTI, the NIMBE laboratory at CEA-Saclay and the FAST laboratory at University of Orsay, France. Collaborations with foreign laboratories (EPFL Lausanne) are also anticipated

Candidate profile: Physicist and/or engineer highly motivated by the topic. The future PhD candidate is expected to have a strong background in one or more of the following fields: statistical and non-linear physics, continuum mechanics, condensed matter physics. He should also have a pronounced taste for computing.

Funding: This PhD has been identified as « front-page PhD topic » by CEA. **CEA has secured PhD funding** for the candidate who will be selected on this subject (3-years contract, monthly gross salary: 2043,54 € in 1st and 2nd years, 2104,62 € in 3rd year).

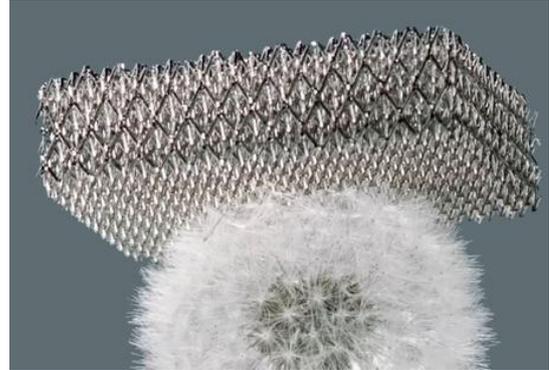
Application dead-line : Friday, the 29th of March, 2019,

Application procedure: send detailed CV and recommendation letters or references to: Daniel Bonamy, +33 1 69 08 21 14, daniel.bonamy@cea.fr ([web](#))

METAMATERIAUX « OS » INSPIRES : VERS DES MATERIAUX ULTRA-LEGERS ET RESISTANTS

CEA Saclay –Service de Physique de l'Etat Condensé (SPEC) ([page web](#))
Laboratoire *SPHYNX* ([page web](#))

La recherche de matériaux combinant légèreté et résistance mécanique est un domaine en plein essor, tiré, dans le domaine du transport notamment par la volonté de réduire les émissions de CO₂ et de développer des véhicules économes en carburant. Des progrès importants ont été accomplis récemment ; les métamatériaux ou matériaux architecturés offrent dans ce contexte un potentiel considérable (e.g micro-lattice développé par *les HRL laboratories*).



Microlattice développé par les HRL Laboratories

Les voies explorées actuellement portent sur des architectures périodiques. L'idée proposée ici vise à obtenir une nouvelle classe de métamatériaux d'architecture aléatoires aux propriétés statistiques invariante d'échelle spécifiques, s'inspirant de la structure osseuse. Il s'agira aussi de regarder comment l'introduction d'une telle architecture aléatoire se répercute en terme de « risques », i.e. de fluctuations statistiques autour du comportement en rupture moyen. L'objectif final est d'arriver à des outils de rationalisation rigoureux permettant de définir un/des optimums en termes de légèreté, résistance à la fissuration, et risques (au sens défini ci-dessus).

L'étude s'appuiera d'abord sur des approches numériques de type « Lattice model » de complexité croissante. L'étude s'appuiera ensuite sur des approches théoriques type « croissance d'interface en milieu aléatoire » -- Nos recherches précédentes nous ont en effet permis de développer ce type de formalisme, à l'interface entre mécanique des milieux continus et physique statistique, pour prendre en compte explicitement le désordre de structure dans le problème et prédire les aspects statistiques induits sur le comportement en rupture. L'approche sera finalement qualifiée au travers d'expériences menées sur des métamatériaux aléatoires et hiérarchiques obtenues par impression additive, puis cassées au moyen d'un dispositif expérimental original développé dans notre laboratoire et donnant accès à la ténacité et ses fluctuations statistiques.

L'étude s'appuiera d'abord sur des approches numériques de type « Lattice model » de complexité croissante. L'étude s'appuiera ensuite sur des approches théoriques type « croissance d'interface en milieu aléatoire » -- Nos recherches précédentes nous ont en effet permis de développer ce type de formalisme, à l'interface entre mécanique des milieux continus et physique statistique, pour prendre en compte explicitement le désordre de structure dans le problème et prédire les aspects statistiques induits sur le comportement en rupture. L'approche sera finalement qualifiée au travers d'expériences menées sur des métamatériaux aléatoires et hiérarchiques obtenues par impression additive, puis cassées au moyen d'un dispositif expérimental original développé dans notre laboratoire et donnant accès à la ténacité et ses fluctuations statistiques.

Ce sujet de thèse met en jeu des notions appartenant à la fois à la physique statistique, l'ingénierie mécanique et la science des matériaux. Le candidat aura donc l'opportunité de manipuler les outils théoriques et expérimentaux utilisés dans ces trois domaines. Le caractère à la fois très fondamental et appliqué de cette recherche permettra au candidat de trouver à l'issue de la thèse des débouchés dans le monde académique et dans l'industrie.

Laboratoire d'accueil : Service de Physique de l'Etat Condensé (SPEC) du CEA Saclay, situé sur le centre de l'Orme des Merisiers, 91191 Gif sur Yvette, France. Ce projet de recherche intègre des collaborations avec l'EISTI, le laboratoire NIMBE du CEA Saclay et le laboratoire FAST de l'université Paris-Sud. Des collaborations avec des laboratoires étrangers (EPFL Lausanne) sont aussi anticipées.

Profil recherché : le candidat devra posséder de solides connaissances dans un ou plusieurs des domaines suivants : mécanique du solide, physique statistique, physique non-linéaire. Il devra aussi avoir un goût prononcé pour l'approche numérique.

Financement : Ce sujet de thèse fait partie des sujets identifiés comme « sujets phares » par le CEA. **Le CEA a réservé un financement garanti** pour le candidat qui sera retenu (CDD 3 ans, brut mensuel 2043,54 € en 1ère et 2ème année, 2104,62 € en 3ème année).

Date limite de candidature : vendredi 29 mars 2019,

Procédure de candidature : envoyer CV détaillé et lettres de recommandation ou références à : Daniel Bonamy, +33 1 69 08 21 14, daniel.bonamy@cea.fr ([web](#))