



## Métamatériaux "os" inspirés: vers des matériaux à la fois légers et résistants

**Spécialité** PHYSIQUE

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Master 2

**Unité d'accueil** [SPEC/SPHYNX](#)

**Candidature avant le** 30-03-2019

**Durée** 3 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [BONAMY Daniel](#)

+33 1 69 08 21 14

[daniel.bonamy@cea.fr](mailto:daniel.bonamy@cea.fr)

### Résumé

Le stage s'inscrit dans un projet de recherche visant à développer une nouvelle classe de méta-matériaux poreux, d'architecture aléatoire et inspirée de la structure osseuse pour combiner légèreté et résistance à la rupture.

### Sujet détaillé

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 CO<sub>2</sub> et de développer des véhicules économes en carburant. Des progrès importants ont été accomplis récemment ; les méta-matériaux ou matériaux architecturés offre dans ce contexte un potentiel considérable (e.g micro-lattice inventé au Caltech et produit par Boeing).

Les voies explorées actuellement portent principalement sur des architectures périodiques. L'idée explorée ici vise à obtenir une nouvelle classe de matériaux d'architecture aléatoire ayant des propriétés statistiques invariante d'échelle spécifiques inspirées de la structure osseuse. Il s'agira aussi de regarder comment une telle structure aléatoire se répercute en terme de « risques », i.e. de fluctuations statistiques autour du comportement 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).

Nos recherches précédentes nous ont permis de développer certains formalismes à l'interface entre mécanique des milieux continus et physique statistique, permettant de prendre en compte explicitement (dans des cas simples) les inhomogénéités de microstructure, leur nature discrète, et de prédire leurs effets sur le comportement en rupture à l'échelle macrosopique. Il s'agira d'adapter ce formalisme à nos metamatériaux aléatoires. L'étude s'appuiera sur des approches numériques de type « Random Lattice model » de complexité croissante. Une attention particulière sera portée sur une caractérisation propre des fluctuations statistiques autour du comportement en rupture moyen. L'approche sera ensuite qualifiée au travers d'expériences menées sur des échantillons de porosité fractale obtenues par impression additive, puis cassées au moyen d'un dispositif expérimental original développé dans notre laboratoire et donnant accès à la résistance en rupture et ses fluctuations statistiques.

---

**Mots clés**

Physique statistique, mécanique de la fracture

**Compétences**

Modélisation par éléments discrets, analyse statistique, simulations numériques, mécanique expérimentale (thèse), impression additive (thèse)

**Logiciels**

---

## **Fracture properties of bone-inspired mechanical metamaterials: toward lightweight and resistant solids**

### **Summary**

The internship is part of a research project aiming at developing a new class of porous meta-materials with a random architecture inspired by that of bones, to achieve high performance in terms of both lightness and resistance to fracture.

### **Full description**

The quest toward high-performance materials combining lightness and mechanical strength gave rise to a flurry of activity: desire to reduce CO2 emissions and develop fuel-efficient vehicles in the transport industries for instance. In this context, meta-materials or architected materials offer considerable potential (e.g. micro-lattice invented at Caltech and produced by Boeing) and significant progresses have been achieved recently.

The routes explored till now have focussed mainly on periodic architectures.

The routes explored so far have mainly focused on periodic architectures. This project aims to explore random architectures, imitating that of bones, with specific scale invariant statistical properties (fractals). Particular attention will be paid to the consequences of such a random structure in terms of "risks", ie statistical fluctuations around the average failure behavior. The ultimate goal is to provide rigorous rationalization tools to define one or more optima in terms of lightness, crack resistance and risk (as defined above) in this new class of materials.

Our previous research has provided some formalisms, at the interface between continuum mechanics and statistical physics, which allow (in simple cases) to explicitly take into account the effect of microstructure inhomogeneities (or its discrete nature) on behavior in macroscopic rupture and its statistical fluctuations. We will seek to adapt this formalism to the study of our random metamaterials. The project will rely on numerical approaches based on random network models of increasing complexity. Particular attention will be paid to a correct characterization of the statistical fluctuations around the average breaking behavior. The approach will then be confronted with experiments carried out on fractal porosity 2D printed samples using an original experimental device developed in our laboratory and giving access to both the tenacity and its statistical fluctuations

### **Keywords**

Statistical physics, solid mechanics

### **Skills**

Discrete element modeling, statistical analysis, numerical simulations, methods of experimental mechanics (PhD), additive printing (PhD)

### **Softwares**