

## Offre de thèse

### Matériaux innovants incluant des particules mécanoluminescentes : vers la conception de capteurs intelligents

*Mots clés : mécanoluminescence, analyse des contraintes, matériaux composites, modélisation multi-physique, relations structures-propriétés*

**Contexte :** Les composants structurels sont soumis à diverses conditions de chargements dynamiques au cours de leur durée de vie. La surveillance des contraintes mécaniques induites par de tels chargements est vitale pour l'évaluation de l'intégrité structurelle des composants. Des changements importants et brusques de contraintes et des concentrations de contraintes peuvent en effet être responsables de l'apparition de microfissures dans le composant et diminuer considérablement sa résistance résiduelle ainsi que sa durée de vie. De nombreuses techniques de surveillance des contraintes sont disponibles, utilisant des dispositifs et des méthodologies de détection avec ou sans contact. L'utilisation de jauges de contrainte est très courante et accessible pour de nombreuses applications, nécessitant un câblage simple. Une autre méthode de contact consiste à utiliser des capteurs type fibre optique à réseau de Bragg, qui décalent la longueur d'onde de la lumière réfléchie à mesure que les fibres se déforment. Des techniques sans contact pour mesurer la répartition des contraintes sont également disponibles, par exemple la corrélation d'images numériques est une méthode courante, mais elle nécessite parfois des configurations coûteuses.

La mécanoluminescence (ML) apparaît comme une voie alternative pour visualiser la répartition des contraintes. Les matériaux ML sont des luminophores spécifiques qui peuvent émettre de la lumière lorsqu'ils sont soumis à des chargements mécaniques. La ML peut être notamment induite par broyage, rupture, frottement, secousse, compression, traction, écrasement de matériaux solides. Elle peut également être provoquée par des chocs thermiques lors d'un refroidissement ou un échauffement brutal des matériaux, ou encore par des ondes de choc. L'intensité de la lumière émise est directement liée à l'intensité du champ de contrainte, qui peut donc être déterminé en mesurant et en traitant adéquatement le phénomène de ML. La ML suscite donc un intérêt croissant dans de nombreux domaines, il serait alors possible de l'utiliser comme capteur de contrainte (ou de déformation) non destructif de haute qualité.

**Approche :** La mécanoluminescence étant un nouvel axe de recherche au sein du laboratoire GeM, il s'agira dans un premier temps de mettre au point la méthodologie d'analyse sur des échantillons de géométries simples et variées compatibles avec les essais mécaniques en traction/compression et flexion. Les matrices polymères seront constituées de résine acrylique ou d'époxy transparent chargées en particules ML de type ZnS:Cu ou ZnS:Mn. L'influence de différents facteurs sera analysée [taille, proportion et répartition des particules ML ; taille des échantillons...] afin de déterminer la réponse en luminescence en fonction du chargement mécanique effectué. En parallèle, des mesures thermiques (DSC/ATG) et par microscopie MEB seront réalisées. Nous envisageons également des mesures de durabilité hygro-mécanique avec des matrices polyamide pour observer l'influence de la diffusion d'eau dans le matériau sur la réponse en luminescence.

Dans un second temps, des matériaux stratifiés (époxy / fibres de verre) contenant des particules ML seront fabriqués et caractérisés vis-à-vis de leur durabilité mécanique. Les mêmes analyses que précédemment seront conduites.

Enfin, il s'agira de concevoir des capteurs intelligents pour l'analyse santé matière. Nous nous orientons vers la conception de fibres en polydiméthylsiloxane (PDMS) avec particules ML. Tout d'abord étudiées seules, ces fibres fonctionnalisées seraient ensuite incluses dans des matériaux composites stratifiés et/ou des composites sandwichs en tant que sonde locale d'analyse des contraintes.

**Résultats attendus :** L'objectif de ce projet de thèse est l'étude de matériaux composites innovants incluant des particules mécanoluminescentes, en vue de fonctionnalisation pour tendre vers des matériaux à propriétés contrôlées et des capteurs d'information. Ce travail vise à étudier le caractère intelligent de ces composites multifonctionnels dans le cadre d'une analyse santé matière non intrusive (dépôt en surface, nanoparticules en volume) ou intrusive (insertions de fibres fonctionnalisées) pour l'analyse des contraintes.

Il s'agit de mettre au point la méthodologie d'analyse du phénomène de ML sur des matériaux composites stratifiés ou sandwichs soumis à des chargements mécaniques ou thermiques. Le travail sera principalement expérimental et comprendra aussi une part de développement en modélisation numérique multiphysique avec couplage mécanique-luminescence.

En fonction de l'avancée du travail et des résultats obtenus, d'autres ouvertures pourraient être envisagées (autres particules ML, architecture différentes des matériaux...).

### **Compétences requises**

- Titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un master (matériaux ou mécanique)
- Idéalement des compétences en techniques de fabrication de matériaux composites, en caractérisations thermique et mécanique (traction, flexion, DSC/ATG...) et en mécanique des milieux continus + si possible une formation aux méthodes numériques (Mathematica, Abaqus).
- Des connaissances en chimie du solide et instrumentations physicochimiques seraient un plus.
- Une bonne capacité de travail en équipe et également une certaine autonomie. Un attrait pour l'expérimentation et le développement instrumental. La maîtrise de l'anglais technique est également recherchée (lecture/rédaction d'articles scientifiques). De bonnes capacités d'analyse et de synthèse sont indispensables.

### **Laboratoire d'accueil et équipe encadrante**

Les travaux de thèse débuteront à l'automne 2024 et auront lieu à l'Institut de Recherche en Génie Civil et Mécanique (GeM, UMR CNRS 6183), sur le site de Saint-Nazaire (Nantes Université).

Une partie de la préparation/caractérisation des matériaux se fera à l'Institut des Sciences Chimiques de Rennes, équipe Verres et Céramiques (ISCR, UMR CNRS 6226) (Université de Rennes).

### **Documents à joindre à la candidature**

Les candidatures devront être constituées :

- d'un CV
- d'une lettre de motivation
- d'un document de 1 page présentant le projet de fin d'études réalisé (stage en entreprise, projet en laboratoire...)
- des diplômes et relevés de notes et surtout classement dans la promotion pour L3 et M1 + si possible M2 (ou équivalent)
- si vous le souhaitez, d'une ou plusieurs lettres de recommandations.

Merci de combiner ces différents éléments en un fichier unique afin de faciliter le travail de sélection et de l'adresser à : Dr. Vincent Legrand, [vincent.legrand@univ-nantes.fr](mailto:vincent.legrand@univ-nantes.fr)